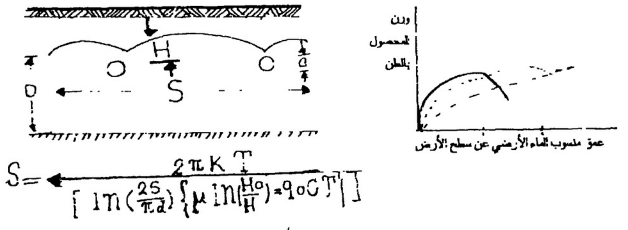
هندسة الصرف الزراعي



مهندس مدني

دكتور

حلمي أحمد بكر

قسم الأراضي والمياه

كلية الزراعة جامعة الإسكندرية



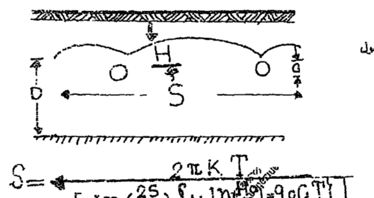
دار المطبوعات الجديدة

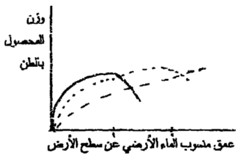
ت ٤٨٢٥٥٠٨

الاسكندريه

اهداءات ١٩٩٨
مؤسسة الاهرام للنشر والتوزيع
القاهرة

هندسة الصرف الزراعي





مهندس مدني

دكتور

حلمي أحمد بكر

قسم الأراضي والمياه

كلية الزراعة جامعة الإسكندرية

دار المطبوعات الجديدة

ت: ٥٨٢٥٥٠٨

الاسكندرية

بسم الله الرحمن الرحيم

وآية لهم الارض الميتة أحييناها وأخرجنا منها حبا فمنه يأكلون . وجعلنا فيها جنات من نخيل وأعناب ، وفجرنا فيها من العيون . ليأكلوا من ثمره وما عملته أيديهم ، أفلا يشكرون ؟ سبحان الذى خلق الأزواج كلها : مما تنبت الأرض ومن أنفسهم ، ومما لايعلمون ...

(من سورة يس) «صدق الله العظيم»

شكر

يتقدم المؤلف بالشكر والعرفان إلى الأساتذة والزملاء جميعا ... بقسم الأراضى والمياه - كلية زراعة الإسكندرية وكفر الشيخ - وبكلية هندسة الاسكندرية ، وبالمؤسسة المصرية العامة لاستغلال وتنمية الأراضى المستصلحة وبمؤسسة تصميم الأراضى وبوزارة الرى وبمؤسسة الصرف المغطى ... الذين شجعوا بالفعل والقول ومهدوا لإظهار هذا الكتاب ...

ويخص المؤلف بالشكر الزميل د. حاتم عبد الوهاب احمد العطار لمساهمته بمراجعة أصول هذا الكتاب وتصحيحها ...

المؤلف

إهـــداء

إلى : أساتذتى مصريين وأجانب ... الذين بفضل جهدهم وتوجيهاتهم ... هذا الطريق سلكت ...

إلى : زملائى وزميلاتى ... الذين بصحبتهم وصحبتهن سعدت ...

إلى : إخوتى وأبنائى طلاب العلم ... والذين من أجلهم ... ومن أجل المستقبل السعيد عشت ...

إليكم جميعا

أهـــدى هذا الجهد المتواضع ... داعياً لكم ولى من الله التوفيق ؟

المؤلف

محتويات الكتاب

الباب الأول

مقدمة

صفحة

صفحة

الباب الثانى

صفحة

الصفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

الباب الثالث

المصارف المكشوفة أو المفتوحة ١٤٥

(Open Drains)

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

الباب الرابع

المصارف المغطاة (Tiles) ٢٤٤

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

الباب الخامس

الصرف الرأسى أو الآبار ٤٠٩

صفحة

صفحة

صفحة

فهرس الجداول

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

فهرس الأشكال

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

الباب الأول

مقدمة

الصرف (Drainage) :

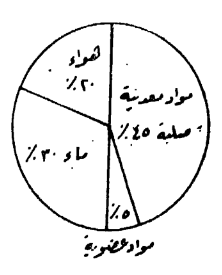
يقصد بكلمة الصرف وبالتحديد الصرف الزراعي - التخلص من المياه الزائدة عن حاجة النبات فوق وتحت سطح الأرض حيث تمتد الجذور . وصرف مساحة أو منطقة ما يشير إلى القنوات والمجاري المائية في المساحة أو في المنطقة وقد يشير إلى المياه التي تنتقل في هذه القنوات والمجاري المائية سواء كانت هذه المياه سطحية أي فوق سطح الأرض أم تحت سطحية بمعنى أنها تحت سطح الأرض .

كيف تتم عملية الصرف ؟

تكون الفراغات التربة الطبيعية حوالى ٥٠ ٪ من حجمها كما تكون المواد الصلبة المعدنية والعضوية باقي الحجم (أنظر شكل ١) والمفروض أن يشغل الهواء ٢٠ ٪ من الحجم وأن يشغل الماء ٣٠ ٪ منه ولكن كثيراً ما تطغى المياه على حيز الهواء وهنا لابد للتربة من وسيلة لصرفها .

وتتم عملية الصرف بإحدى الوسائل الآتية :

(ا) في الأراضي ذات الحبيبات الخشنة (Coarse grained soils) تتسرب مياه الصرف خارج الفراغات المنتشرة بين الحبيبات حيث يملأ جزء منها بالهواء ولذلك تسمى هذه العملية **الصرف بواسطة غزو او اقتحام الهواء** . (Drainage by air invasion)



شكل ١ : نسبة المواد المعدنية الصلبة والمواد العضوية والهواء والماء فى تربة طبيعية

(ب) فى الأراضى ذات الحبيبات الناعمة أو صغيرة الحجم (Fine grained so فإن الفراغات بين هذه الحبيبات ينقص حجمها مع استمرار خروج مياه الصرف منها وتقترب حبيبات التربة من بعضها البعض وتتماسك وعمليا فإن اقتحام الهواء ودخوله الفراغات لايحدث حتى يتم حدوث ظاهرة الانكماش إلى حد تصل إلى نهاية أو حد الانكماش (Shrinkage limit) لذلك فإن هذه العملية تسمى الصرف بواسطة التماسك (Drinage by consolidation).

(ج) يتأثر الصرف فى الأراضى ذات الحبيبات صغيرة الحجم بالتجفيف (Desiccation) مما يؤدى إلى فقد نسبة كبيرة من الرطوبة الأرضية بفعل البخر ولذلك يسمى هذا النوع من الصرف بالصرف عن طريق التجفيف (Drainage by desiccation) . وكلما استمر البخر كلما اقتربت حبيبات التربة الصلبة من بعضها البعض بفعل الجذب أو الشد السطحى (Surface tension) للمياه المغلفة لأسطح الحبيبات وعند الوصول إلى نهاية أو حد الانكماش فإن تماسك الحبيبات

يكون كافيا لمقاومة الشد السطحى ، فإذا زادت عملية التجفيف بفعل البخر يبدأ غزو الهواء ودخوله إلى الفراغات . والملاحظ أن المحتوى الرطوبى للتربة لا يقل بأى حال حتى يصل إلى الصفر ولكن تصل الرطوبة إلى حد يسمح بالتوازن أو التعادل مع الرطوبة النسبية داخل الفراغات بين حبيبات التربة وخارجها (Relative humidity of the soil atmosphere) ، فقد تصل كمية الرطوبة التى تحتفظ بها حبيبـــات الطين مثلا إلى ٧ ٪ فى حالة التجفيف بالهواء (Air - dry state) . وكثيراً ما يلجأ إلى هذا النوع من الصرف فى الظروف التى يصعب معها تجميع مياه الصرف وتوصيلها إلى المصارف العمومية فينشأ ما يعرف بالمصارف العمياء حيث تفقد مياه الصرف بالبخر.

(د) تفقد كثير من المياه بواسطة النتح والبخر كما يحدث فى المساحات التى تروى بواسطة الترع وقنوات الرى حيث تزرع الأشجار بطول هذه الترع والقنوات وموازية لها كى تقطع خط رشح المياه منها ، ويسمى الصرف فى هذه الحالة **بالصرف البيولوجى** (Biological drainage) ، وكثيراً ما تستخدم هذه الوسيلة لصرف الأراضى الغرقة بزراعة أنواع مختلفة من الأشجار مثل الكافور (Aucolyptus) وغيرها .

(هـ) تتسرب المياه إلى أسفل ثم إلى المصارف بفعل قوى الجاذبية الأرضية ولذلك تسمى هذه العملية **الصرف بواسطة الجاذبية الارضية** (Drainage by gravity) . ويتضح تأثير حجم الفراغات البينية فإذا كانت هذه الفراغات كبيرة الحجم كما فى التربة الرملية فإن قوة تماسك المياه حول الحبيبات تكون ضئيلة مما يساعد على الصرف بواسطه الجاذبية الأرضية .

(و) **الصرف عن طريق الخاصة الشعرية** (Capillary drainage) : ويظهر

هذا واضحا مع زيادة المياه داخل مسام التربة مؤديا إلى زيادة أعمدة الماء المعلق (Suspended waters) وتغير أقطار تقعر وتحدب أسطح المياه السفلى بهذه الأعمدة ومع ازدياد المياه تتكون نقاط المياه التى لاتلبث أن تتقاطر إلى أسفل متجهة إلى منسوب الماء الأرضى .

وهناك وسائل أخرى للصرف مثل طريقة **الصرف الكهربائى** Electro drainage method) تحت تأثير الشحنات الكهربية لحبيبات التربة الطينية أو **الصرف الجزيئى** (Molecular drainage) ولكن لامجال للتعرض لها الآن .

نبذة تاريخية :

يؤكد المؤرخ اليونانى هيرودوتس (Herodotus) منذ أربعمائة سنة قبل الميلاد أن الصرف عرف فى وادى النيل منذ حوالى ثلاثة آلاف عام ومن الواضح أن المؤرخ قصد بذلك الصرف السطحى بعد الفيضانات . وقد ذكر كثير من المؤرخين مدى عناية الأمم الشرقية بالصرف ومما يدل على ذلك آثار أعمال الصرف فى إيران والهند منذ أكثر من خمسين قرنا حيث حضارة موهان ـ جو ـ دارو (Mohan—Jo—Dar) بوادى إندس (Indus) كما أشار المؤرخون الرومان الذين عاصروا أوجسطس إلى وجود مصارف مغطاة بلغ عمقها حوالى ٩٠ سم تحت سطح الأرض وملئت بالحصى والأحجار إلى ثلثى العمق ثم ردم فوقها بالأتربة . ويذكر التاريخ تحول وادى نهرى دجلة والفرات (Tigris and Euphrates) إلى أراض جرداء نتيجة تراكم الأملاح بطبقات التربة السطحية بسبب سوء الصرف حيث كانت منطقة كالديا (Caldea) تحتوى على حوالى عشرة ملايين إيكر خصبة « كحديقة » على حد قول سير وليام ولكوكس عام ١٩٣٠ تحولت إلى أراضى ملحية وقلوية . أما فى وادى نهر جيلا (Gila) فى أريزونا

ووادى نهر ريوجراند (Rio Grande) فى نيومكسكو وتكساس بالولايات المتحدة الأمريكية فقد اختفت كثير من أعمال الرى التى قام بعملها الهنود والأسبان وتدهورت الأراضى بسبب نقص أعمال الصرف ولا تزال أعمال الرى قرب منطقة إقامة الهنود بإزليتا (Isleta Indian Reservation) فى نيومكسكو تدل على زراعة بعض الحاصلات المروية قبل اكتشاف كولمبس لأمريكا كما وجد المستكشفون الأسبان بعض طرق الزراعة البدائية بمساعدة تحويل مياه نهر ريوجراند بالهنود البيبلو (Pueblo Indians) فى القرن السادس عشر . وقد ظهرت أولى الكتب المطبوعة فى فرنسا عن صرف الأراضى حوالى عام ١٦٠٠ . وأنشئت المصارف المغطاة بحديقة كنفنت (Convent Garden) عام ١٦٢٠ بمدينة (Maubeuge) قرب الحدود البلجيكية كما ظهرت أولى الكتب المطبوعة فى انجلترا عام ١٦٥٢ وأنشئت المصارف المغطاة بأملاك سير نورثمبرلند عام ١٨١٠ .

ويحتمل أنه فى مصر كانت الزراعة بالمناطق الرطبة أو المستنقعات (Marsh cultivation) قبل الفراعنة أى قبل ٢٣٠٠ سنة قبل الميلاد ثم أصبح نظام الرى فى مصر طبيعيا وهو ما يسمى بنظام الرى الحوضى أو النظام ذو الرية الواحدة فى موسم الفيضان (أغسطس وسبتمبر من كل عام) يرتفع منسوب مياه النيل فوق سطح أرض الوادى وتغمر المياه الأراضى حيث تمكث المياه فترة لاتلبث بعدها أن تعود إلى مجرى النهر (النيل) . وقد بدأ نظام الرى الحوضى الملك مينا أو ملوك الأسرة الأولى من الفراعنة إذ أقيم أول جسر بمحاذاة الشاطىء الغربى للنيل فى صعيد مصر والذى يسمى طراد النيل الآن . ولإمكان غمر الأراضى بمناسيبها المختلفة فى الفيضانات العالية أو الواطئة أنشأ قدماء المصريين الترع التى تخترق الأراضى العالية المجاورة للنهر مباشرة لتوصيل مياه الفيضانات الواطئة

الأراضى المنخفضة البعيدة عن المجرى كما أقاموا جسوراً عمودية على مجرى النهر وهى المعروفة بالصلايب وهى تعمل كعوائق فى طريق المياه لرفع منسوبها وإمكان غمر الأراضى العالية . ولحماية هذه الصلايب من الانهيار فى حالة الفيضانات العالية أقام مهندسو الملك منفيس جسر النيل الأيسر حيث العمران ثم أنشىء جسر النيل الأيمن فى عهد سيزوستريس كما استخدم أمنمحمت الثانى بحيرة موريس (محافظة الفيوم حاليا) كخزان لتخزين المياه من أجل استعمالها للشرب والرى ولحفظ مياه الفيضان الزائدة والانتفاع بها فى رى المحاصيل الصيفية فى الوجه البحرى وهكذا بنى أقدم وأكبر خزان من الردم منذ أكثر من خمسة آلاف عام بطول حوالى ١٠٨ متر (٣٥٥ قدم) وارتفاع حوالى ١٢ مترا (٤٠ قدم) فوق منسوب قاع النهر . ولتخفيف ضغط المياه على الصلايب خصوصا فى المناطق المنخفضة أنشأ قدماء المصريين جسورا موازية لمجرى النيل تقريباً يسمى كل منها طرادا للفصل بين الأراضى العالية والواطئة .

الأعمال الصناعية فى ج.ع.م :

منذ أوائل القرن التاسع عشر أدخلت كثير من التحسينات وأنشىء الكثير من الأعمال الصناعية للأغراض الآتية :

١ - رى جميع الأراضى فى الفيضانات الواطئة سواء أراضى رى الحياض فى ذلك الوقت أو الرى المستديم .

٢ - التحكم فى إطلاق المياه فى الحياض حسب المناسيب وحسب الأوقات الملائمة والتى تتفق مع مواعيد زراعة المحاصيل المختلفة .

٣ - الاستفادة من طمى النيل كمخصب للتربة وتوزيعه بالعدل والتساوى على مختلف الأراضى بقدر المستطاع .

٤ - منع إطماء الترع وقنوات الرى و عدم ملئها بالرمال أحيانا وتفادى نحر القاع والجوانب أحيانا أخرى .

من أجل كل ذلك أنشئت الأعمال الصناعية المختلفة نذكر منها الآتى :

١ - القناطر : من أجل أعمال الموازنة والحجز والتحكم فى مناسيب المياه لرى الأراضى العالية ،

٢ - الكبارى : لعبور الإنسان والحيوان والمركبات والسيارات عبر المجارى المائية ،

٣ - السحارات (Syphons) : لمرور المياه المختلفة الأنواع بالمجارى المائية المتعددة أو العالية المنسوب فوق المجارى المائية منخفضة المنسوب عند تقاطع اثنين أو أكثر منها ،

٤ - البدالات (Aqueducts) : لمرور المياه بالمجارى المائية فوق أخرى متقاطعة معها لاسيما إذا اختلفت أنواع المياه بكل منها ،

٥ - البرابخ (Culverts) : من أجل إمرار المياه تحت الطرق أو السكك الحديدية ،

٦ - مآخذ الترع ومصباتها : للتحكم فى دخول المياه إليها وللتخلص من المياه الزائدة فى الترع ،

٧ - الأهوسة : لتيسير النقل المائى وسير السفن والمراكب الشراعية والآلية .

وعلاوة على إنشاء الأعمال الصناعية السالفة الذكر أعيد انتخاب مواقع

الترع ومآخذها بحيث تدخلها مياه الرى خالية من الرمال ، وبحيث يعلو منسوب المياه فيها مناسيب أرض الحياض ، كما أعيد تصميم قطاعات الترع بحيث تكون سرعة المياه بها غير قادرة على نحر القاع والجوانب والجسور ، وبحيث تكون هذه السرعة كافية لحمل الطمى المعلق علاوة على كفاية مياهها لحاجة الزراعة . كذلك أنشئت السيالات وهى الترع التى تغذى الحياض مباشرة بمياه النيل إذا سمحت مناسيبه بذلك .

وبالنسبة للرى الحوضى ذو الرية الواحدة لم تكن الأراضى فى حاجة إلى الصرف إذ كان ينخفض منسوب المياه الأرضية مع انخفاض منسوب النيل فى الصيف (منسوب التحاريق) بمقدار ٧ إلى ٩ متر تحت منسوب الفيضان .

ب - الرى المستديم والمشروعات الكبرى على النيل :

يقصد بالرى المستديم الرى على مدار السنة وقد استخدم قدماء المصريين بحيرة موريس كخزان أثناء الفيضان واستعملوا مياهها أثناء فصل الربيع عندما يهبط منسوب النيل وذلك بقطع السد الترابى بينها وبين النيل .

وقد أنشئت بعض الترع العميقة عام ١٨٢٦ بالوجه البحرى لزراعة القطن . وفى أخريات القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين أعيد استعمال الرى المستديم فأدخل هذا النظام إلى الوجه البحرى عام ١٨٩١ وبدىء فى استعماله بمحافظ المنيا عام ١٩٠٥ وفى بنى سويف عام ١٩٠٧ وفى الجيزة عام ١٩٠٩ حيث أدخلت الزراعات الصيفية وظهرت الحاجة الماسة إلى إنشاء الأعمال الصناعية اللازمة للرى المستديم والتى نستعرض بعضا منها كالآتى :

١ ـ أنشئت القناطر الخيرية مكونة من قنطرتين على فرعى دمياط ورشيد لرفع منسوب المياه أمامها وتغذى الرياح التوفيقى شرق الدلتا والرياح المنوفى وسط الدلتا والرياح البحيرى غرب الدلتا وقد بدىء فى إنشاء القناطر الخيرية عام ١٨٤٣ وتمت فى عام ١٨٦٣ ثم عملت لها بعض الاصلاحات مابين عام ١٨٨٦ وعام ١٨٩٠ ثم بنى سدين غاطسين خلف كل من القنطرتين عام ١٨٩٧ ثم بنيت قنطرتين جديدتين خلف القنطرتين القديمتين تم إنشاؤهما عام ١٩٢٩ على بعد ٢٤ كيلو متر شمال القاهرة . ويتم حاليا إنشاء الرياح الناصرى لرى الأراضى تحت الاستصلاح غرب الدلتا والمساحات الصحراوية المتاخمة .

٢ ـ أنشىء سد أسوان فى الفترة مابين عام ١٨٩٨ وعام ١٩٠٢ حيث كان يحجز ٩٨٠ مليون متر مكعب ثم تم تعلية السد خمسة أمتار للمرة الأولى فى المدة من عام ١٩٠٩ حتى عام ١٩١٢ لإمكان حجز من ٢٫٦٠ إلى ٢٫٥٠ مليار متر مكعب ثم تم تعليته تسعة أمتار اخرى للمرة الثانية مابين عام ١٩٢٩ وعام ١٩٣٤ لإمكان حجز ٢٫٥ مليار متر مكعب أو مايزيد ثم تم تعليته احدعشر مترا أخرى للمرة الثالثة كى يحجز حوالى تسعة مليارات متر مكعب .

٣ ـ تم إنشاء قناطر أسيوط عام ١٩٠٢ لرفع منسوب مياه النيل خلفها لأجل ضمان تغذية حوالى مليون فدان من أراضى مصر الوسطى والفيوم صيفا ثم تم تقويتها وتعليتها عام ١٩٣٨ .

٤ ـ أقيمت قناطر زفتى من عام ١٩٠١ إلى عام ١٩٠٣ لرفع المياه بفرع دمياط ثم قويت فى عام ١٩٠٧ كما تم تعليتها عام ١٩٥٤ .

٥ ـ تم إنشاء قناطر إسنا عام ١٩٠٨ لتحسين الرى فى قنا ثم تم تقويتها عام ١٩٦٤ .

٦ - تم إنشاء قناطر نجع حمادى عام ١٩٣٠ لتغذية ترعتى نجع حمادى الشرقية والغربية ولضمان الرى الحوضى فى ذلك الوقت فى المنطقة الواقعة ما بين نجع حمادى وديروط ،

٧ - أنشئت قناطر أدفينا عام ١٩٥٠ لتوفير مياه النيل (حوالى مليار متر مكعب) ، التى كانت تعطى لفرع رشيد لطرد المياه المالحة أثناء إنشاء السد الترابى الذى كان يقام كل عام قرب هذا الموقع ،

٨ - أنشئت قناطر فارسكور والكثير من الأعمال الصناعية الأخرى و

٩ - بدىء فى إنشاء السد العالى عام ١٩٥٩ بطول ٣٨٢٠ متر وعرض ٩٨٠ متر كى يحجز ١٦٤ مليار متر مكعب لتعويض مياه الرى فى السنين الشحيحة مثل عام ١٩١٣ حيث لم تزد إيرادات النيل عن ٥ر٥٤ مليار متر مكعب فقط وكذلك لموازنة الاحتياجات المائية على مدار السنة علاوة على أنه يعطى ١٠ مليار كيلو وات ساعة من الطاقة الكهربائية سنويا بالإضافة إلى الوقاية من أخطار الفيضانات العالية كما حدث عام ١٨٧٩ ؛ وعام ١٩٣٦ وعام ١٩٤٨ .

حـ - بعض مشروعات الحاضر والمستقبل فى وادى النيل :

ترجع أهمية المياه كمورد طبيعى بالنسبة للكثير من بلاد العالم مثل الجمهورية العربية المتحدة والأقطار العربية إلى أنها هى العامل المحدد لاستصلاح الأراضى الجديدة فى الوقت الذى تتوفر فيه الأراضى الجيدة أو ذات المشكلات البسيطة والسهلة العلاج أو التى يمكن التغلب عليها - قد لا تتوفر المياه ، لذلك فإن من الضرورى البحث عن موارد للمياه والتفكير فى إنشاء بعض المشروعات لتوفيرها مثل المشروعات الآتية .

١ - سد على بحيرة فيكتوريا وآخر على بحيرة ألبرت للتخزين القرنى مع ضمان تصرف ثابت مستمر طول فترة مائة عام أو أكثر ،

٢ - مشروع منطقة السدود لتوفير من ٥٠ إلى ٦٠٪ من إيراد النهر تفقد بسبب البخر والتسرب لاتساع مجرى النهر فى هذه المنطقة والتى تصل إلى ٢٢ر١ مليار متر مكعب فى السنة وذلك بعمل تحويلة للنهر خارج المنطقة أو بإقامة جسور لبحر الجبل وسط المنطقة ،

٣ - خزان بحيرة تانا على النيل الأزرق ويمكن الحصول على أكثر من ٨ر١ مليار متر مكعب توزع بين ج ع م وجمهورية السودان الديمقراطيه ،

٤ - مشروع منخفض وادى الريان جنوب الفيوم لصرف جزء من أراضى الوجه القبلى علاوة على توليد الطاقة الكهربائية و

٥ - تحويل مياه البحر إلى مياه عذبة .

اثر نظام الرى المستديم والتسوية الصرف فى ج . ع . م :

أخذ منسوب المياه تحت سطح الأرض يرتفع شيئا فشيئا نتيجة للمياه التى تتسرب إلى التربة من مياه تزيد عن احتياجات الرى ومن الترع والمجارى المائية التى تقوم بتوزيع المياه أو من ارتفاع منسوب مياه النيل فى موسم الفيضان فى الماضى وكل هذه المياه إما أن تتسرب إلى منسوب المياه الجوفية الطبيعى فتؤدى إلى رفعه وإما أن تكون طبقة مستقلة من المياه الأرضية يرتفع سطحها تدريجيا إلى سطح الأرض . وقد أخذت الأراضى فى التدهور لعدم وجود مشروعات كافية للصرف مما دعا وزارة الرى إلى إنشاء محطة طلمبات صرف المكس عام ١٨٩٨ ومحطة اطسا عام ١٩٠٢ ومحطة الطابية عام ١٩٢٠ التى تخدم مساحة قدرها

٤٥٠،٠٠٠ فدان ثم أخذ التفكير منذ عام ١٩٢٩ إلى تقسيم أراضي الوجه البحري التي رؤى شدة احتياجها للصرف - إلى مناطق تبلغ مساحة كل منها حوالى ٥٠،٠٠٠ فدان وشرع في شق عدد كبير من المصارف العامة الرئيسية والفرعية كما شرع في إنشاء الكثير من محطات توليد الكهرباء في السرو وطلمبات وبلقاس والمطف وغيرها وذلك لمد محطات طلمبات الصرف الواقعة في شمال الدلتا لرفع مياه الصرف وإلقائها في البحر الأبيض المتوسط والبحيرات ، غير أن حالة الصرف لم تتحسن كثيرا :

١ - لعدم قيام المزارعون بإنشاء المصارف الحقلية مما دعا وزارة الأشغال المصرية (في ذلك الوقت) إلى المسارعة للقيام بإنشائها بعد أن أدى ذلك إلى ضعف إنتاج الأراضي و

٢ - عدم قدرة بعض المصارف الرئيسية على استيعاب مياه الصرف إما لصغر قطاعاتها أو لعدم تطهيرها أو لضعف محطات الصرف الموجودة بنهاياتها أو لبعض الأخطاء في حساب مقننات الصرف .

وقد بلغ عدد محطات طلمبات الصرف التي تم إقامتها بمختلف مناطق محافظات الوجه البحري والوجه القبلي ٤٠ محطة حتى عام ١٩٥٢ ، [هي محطات السرو والقصاصين والإيراد والجنينة والسرو الإضافية وفارسكور وبني عبيد والقلج والمندورة والزيني ومصرف ١١ ومصرف ١، ٢، ٣، ٤، ٦ ، ٧ وسبيل والمكس والطابية وحلق الجمل والبصيلي وبرسيق وزرقون والرماوي وبرج رشيد وقروجة وإطلمبا وبني صالح ومصرف صناغة والجلاوية وأبو قمبل ودرلبو وإقليصو والبذرمان والمطمر ومحطة ٣، ٢، ٤ (الغرق - الفيوم) ومحطة الكلح] ويبلغ مجموع تصرفها ٦٥٠ م³/ ثانية أي حوالى ٥٥ مليون متر مكعب في اليوم وتخدم زماما حوالى ١،٩٠٠،٠٠٠ فدان . كما قامت وزارة الري المصرية بإنشاء عدد ٤٩ محطة طلمبات صرف في الفترة من عام ١٩٥٢ إلى عام ١٩٦٦ ينتفع منها حوالى ١،٣٧٩،٠٠٠

فدان ومجموع تصرفها ٣٥٦ م٣ / ثانية أى حوالى ٣١٫٠٠ مليون متر مكعب فى اليوم كما تم إنشاء ١٤ محطة أخرى تخدم أكثر من ٤٩١٫٤٠٠ فدان بأراضى التوسع الزراعى الجديدة بالوجهين القبلى والبحرى ومجموع تصرفها نحو ٢٢٩٫٣٠ متر مكعب / ثانية أى حوالى ١٩٫٨٣ مليون متر مكعب فى اليوم [وهى محطات صفط والقصبى الرئيسية والقصبى الاضافية وبحر البقر ومصرف ٨/ وزغلول وتلا والدشودى والقلمة وشرق المنوفية وزاوية البحر وادبابة وقشيشة وأبو شوشة والمكس والبرلس وبلبيس قبلى وإدكو وحفير شهاب الدين والمطرية وبحر تيرة والحارس والسرو الأعلى والدلنجات وامتداد مصرف نمرة ١ الإضافية ومواطى وفاو والأشراف] علاوة على ١١ محطة صرف أخرى تم تجديدها وتقويتها كى تتحمل الأعباء المائية الزائدة ويبلغ جملة تصرفها ٢٧٥ متر مكعب / ثانية أى حوالى ٢٣٫٠ مليون متر مكعب فى اليوم وتخدم زماما قدره ٥٦٢٫٠٠٠ فدان .

وقد قامت كذلك وزارة الرى المصرية بتزويد مساحة حوالى ٤٠٩٫٠٤٠ فدان بشبكات الصرف المغطى حتى عام ١٩٦٧ منها ١٢٠٠٠ فدان عام ١٩٣٨ تقع فى المثلث مابين السنطة - ميت غمر - قويسنا و ٢٠٫٠٠٠ فدان فى الفترة مابين ١٩٤٢ - ١٩٤٥ بمنطقة الفرعونية (المنوفية) بالإضافة إلى أنها أقامت مصنعا ميكانيكيا خاصا بتصنيع المواسير الأسمنتية للصرف عام ١٩٦٢؛ واستحدثت طريقة عمل المصارف المغطاة آليا بواسطة ماكينات الحفر ورص المواسير . فاستوردت ثلاث ماكينات لهذا الغرض تصل كفاءة الواحدة إلى إنشاء ١٨٫٥ كيلو متر من المصارف المغطاة سنويا . وتقوم وزارة الرى المصرية فى الوقت الحالى بمساعدة البنك الدولى بإنشاء ١٥ محطة صرف وتعميق المصارف الرئيسية المكشوفة إلى عمق ٢٫٥ متر علاوة على إنشاء شبكة الصرف المغطى فى مساحة قدرها ١٫٢ مليون فدان .

دلالات ظهور مشاكل الصرف

Indications of drainage problems

يتضح وجود مشاكل الصرف بأى مساحة منزرعة من الدلالات الآتية :

١ - وجود مياه فوق سطح الأرض أو مناطق ذات محتوى رطوبى عال لاسيما فى بعض الأماكن المنخفضة السطح ،

٢ - ظهور تجمع أو تزهر الأملاح على سطح الأرض وحينئذ من الضرورى إزالة هذه الأملاح بالغسيل بعد حل مشكلة الصرف إن أمكن ،

٣ - احتراق أوراق النباتات بعد ريها لاسيما فى الصيف وفى المناطق المنخفضة السطح حيث تتجمع المياه فيها مما قد يحتاج إلى إعادة تسوية مثل هذه المناطق علاوة على الحاجة إلى الصرف الجيد ،

٤ - انتشار أو تكاثر أو توالد البعوض مما يدل على تراكم المياه على سطح الارض أو فى بعض مجارى المياه الراكدة ،

٥ - اندماج سطح التربة مما يؤدى إلى بطء حركة المياه بها وسوء الصرف نتيجة استعمال المعدات الزراعية ثقيلة الوزن وغيرها ،

٦ - صعوبة تأدية عمليات الخدمة الزراعية مثل الحرث ،

٧ - ضعف جذور النباتات المنزرعة مما يدل على ارتفاع منسوب الماء الأرضى ،

٨ - ظهور كثير من أمراض النباتات لاسيما تلك الناجمة عن الحشرات التى تعيش حيث رطوبة التربة مرتفعة ،

٩ - ظهور بعض النباتات المحبة للماء مثل الحلفا (Sedges) والحميض (Dock) و (Cattails) و (Tules) وحشيشة الماء (Water grass) وغيرها.

أسئلة على الباب الأول

(١) ماذا يقصد بالصرف الزراعى وماذا تشير إليه عبارة « صرف مساحة أو منطقة ما » ؟

(٢) ما نسبة ما تكونه الفراغات فى تربة طبيعية من حجمها ، ماذا يشغل هذه الفراغات ؟

(٣) كيف تتم عملية الصرف ؟ اشرح ستة وسائل لذلك .

(٤) هل هناك وسائل أخرى للصرف غير الستة وسائل السابقة ؟ أذكر إن وجد - بعض هذه الوسائل .

(٥) ما هى «الجلابيب» و «الطراد» وما فائدتها ؟

(٦) ماذا فعل قدماء المصريين من أجل الرى المستديم ؟

(٧) ما هو الرى الحوضى وهل مازال هذا النظام معمولا به حتى الآن ؟

(٨) ما الغرض من إنشاء الأعمال الصناعية ؟

(٩) إشرح سبعة أنواع من الأعمال الصناعية الذى قد يحتاج إليها فى مشروع رى أو صرف .

(١٠) هل كانت الأراضى فى حاجة للصرف فى حالة الرى الحوضى ؟ إشرح.

(١١) أذكر تسعة مشروعات كبرى تم تنفيذها على النيل من أجل نظام الرى المستديم .

(١٢) ما هى نتائج إدخال نظام الرى المستديم من وجهة نظر الصرف ؟

(١٣) أذكر خمسة مشروعات للحاضر والمستقبل يجب تنفيذها من أجل زيادة موارد المياه .

(١٤) ماذا فعلت وزارة المصرية من أجل إزالة أثر نتائج إدخال نظام الري المستديم في مصر؟

(١٥) إشرح تسعة دلالات تكشف ظهور مشاكل الصرف بمساحة منزرعة .

(١٦) أكمل : يحدث الصرف بواسطة اقتحام أو غزو الهواء في الأراضي ...
.... بينما يحدث الصرف بواسطة التآكل في الأراضي ....

(١٧) المياه هي العامل المحدد للتوسع في استصلاح الأراضي . إشرح مع ذكر بعض المشروعات من أجل التوسع الزراعي والطاقة الكهربائية.

(١٨) ما هي المصارف العمياء وكيف يتم الصرف فيها ؟

الباب الثاني

بعض المعلومات العامة عن الصرف

أسباب الصرف وأغراضه :

صرف الأراضي الزراعية هو عامل رئيسي وأساسي من أجل :

١ - زيادة إنتاج المحاصيل الزراعية وقد دلت النتائج على أن إنتاج القطن يرتفع بما لا يقل عن ٣٥ ٪ وإنتاج الذرة يرتفع حوالى ٣٢ ٪ كما يرتفع إنتاج القمح حوالى ٢٧ ٪ على أثر تنفيذ مشروعات الصرف أى أن الإنتاج فى مصر يزيد بما يعادل إضافة أكثر من ١,٥ مليون فدان إلى المساحة المنزرعة . وبألفاظ أخرى فإن الدخل القومى سيزداد بأكثر من ١٠٠ مليون جنيه أى ما يعادل زيادة أكثر من ١٢٠ مليون جنيه بأسعار الوارد والصادر السائدة عام ١٩٦٧ ،

٢ - تحسين نوع الإنتاج ونوع المحاصيل الزراعية ،

٣ - زيادة كفاءة عمليات الخدمة الزراعية و

٤ - تحسين خواص التربة حتى يمكن زراعة محاصيل ذات قيمة اقتصادية أعلا .

وتختلف أسباب الصرف حسب المنطقة المراد إنشاء المصارف بها كالآتى :

أ — فى المناطق الرطبة والتحت رطبة (Humid and subhumid regions):

يقصد بالمناطق الرطبة المساحات التى يبلغ مجموع سقوط الأمطار عليها [أو أى شكل من المياه سواء رذاذ (drizzle) أو مطر (rain) أو ثلج (Snow) أو ثلج يختلط بالماء (sleet) أو برد (hail) أو بلورات ماء متجمدة (ice crystals) أو مطر مثلج (freezing rain)] من ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ ملليمتر فى العام.

أما المناطق التحت رطبة فهى التى يبلغ مجموع السقوط (Precipitation) عليها فى العام من ٥٠٠ - ١٠٠٠ ملليمتر بينما يقصد بالمناطق المبللة جداً (Very wet) المساحات التى يزيد مقدار السقوط عليها عن ٢٠٠٠ ملليمتر فى العام.

وأغراض الصرف فى مثل هذه المناطق السالفة الذكر هى كالآتى :

١ - التخلص من المياه الزائدة نتيجة الجريان السطحى بفعل العواصف (Storm runoff) أو مياه الرى ،

٢ - التخلص من المياه تحت سطح الأرض (Underground water) حتى لا يرتفع منسوبها إلى منطقة جذور النبات إذ المعروف أن المياه الأرضية تتبع دورة هيدرولوجية تبدأ منذ نزول الأمطار على سطح الأرض وتسرب بعضها إلى الماء الأرضى الذى يندفع متحركا من المناسيب العالية إلى المناسيب المنخفضة ومع مرور الوقت، يمتلىء الحوض (Basin) مسببا ارتفاع سطح الماء الأرضى خلال فترات سقوط المطر . ويتبع التسرب العميق زيادة فى تصرف المياه إلى المصبات الطبيعية وتحدث نفس الظروف بسبب مياه الرى ،

٣ - تحسين بناء وخواص التربة خصوصا ما يتصل منها بعمليات التهوية

والأكسدة والحرارة وعلاقتها بالبكتريا وغيرها . وباختصار تحسين خواص التربة الميكانيكية والكيماوية والحيوية والطبيعية والتي تعتمد على المحتوى الرطوبي للتربة،

٤ - تسهيل عمليات الحرث بتجفيف القشرة السطحية للتربة و

٥ - منع وتفادى حدوث أى نحر قد ينتج من جريان المياه واندفاعها على سطح الأرض .

ب - فى المناطق الجافة والنصف جافة(Arid and semiarid regions) تحت الأصلاح(Under reclamation)

يقصد بالمناطق الجافة تلك التى يقل مجموع سقوط (Precipitation) المياه بأشكالها المختلفة عليها أقل من ٢٥٠ مم فى السنة كما يقصد بالمناطق النصف جافة تلك التى يتراوح مقدار السقوط عليها من ٢٥٠ مم إلى ٥٠٠ مم .

وأغراض الصرف فى هذه المناطق هى:

١ - تقليل المحتوى الرطوبى للطبقات السطحية وذلك بخفض منسوب المياه الأرضية المالحة مع خفض تركيز الاملاح بها حتى لايتجاوز ١,٠ إلى ٣,٠جم/ لتر ، والمعروف أن منسوب الماء الأرضى وسلوكه يتوقفان على عوامل عدة منها :

ا - مناوبات أو برامج الرى ،

ب - كمية المياه المتسربة إلى الأعماق البعيدة عن سطح الأرض ،

ج - الصفات الطبيعية لطبقات التربة وتكوين وسمك هذه الطبقات وحجم الفراغات بها ومساميتها ودرجة إتصال هذه الفراغات ببعضها و

د ـ طبوغرافية المنطقة علاوة على موقع وحجم وعمق الفتحات والمجارى الطبيعية حيث تتسرب عن طريقها المياه الأرضية إلى خارج المنطقة .

٢ ـ خفض مستوى ملوحة التربة بمنطقة جـــذور النبات حتى يصبح تركيز الاملاح أقل من ٢ر٠ إلى ٣ر٠ ٪ وحتى لايزيد تركيز أيونات الكلوريد عن ٠١ ، ٠ر ٪

٣ ـ الموازنة بين الاملاح الداخلة إلى قطاعات التربة مع مياه الرى وغيرها من مياه وبين الاملاح الخارجة من قطاعات التربة مع مياه الصرف وأى مياه أخرى (Income - outgo balance) و

٤ ـ التحكم فى مياه الصرف التى تخرج من قطاع التربة ومناسيبها .

جـ ـ فى المناطق الجافة والنصف جافة التى تم استصلاحها :

فى مثل هذه المناطق الأغراض من الصرف هى :

١ ـ منع إعادة تمليح التربة وبمعنى أدق المحافظة على مستوى ملحى معين حتى لاتؤدى زيادته إلى ضرر النبات ،

٢ ـ المحافظة على التهوية اللازمة للتربة بالسماح للهواء بغزو واقتحام المسام بسهولة وكذلك السماح لثانى أكسيد الكربون بالخروج من منطقة جذور النبات إلى سطح الأرض ،

٣ ـ قد تستعمل المصارف لإمداد التربة بمياه الرى ،

٤ ـ قد تستعمل المصارف كوسيلة للرى تحت السطحى (Subirrigation) أو الرى الجوفى ،

٥ ـ الصرف هو وسيلة التخلص من المياه الراكدة التى تساعد على انتشار كثير من الأمراض مثل البلهارسيا والإنكلستوما والملاريا وغيرها و

٦ ـ صرف المياه هو عامل مساعد لخلق ما يسمى بالميـــل الهيدروليكى (Hydraulic gradient) ضمانا لسير المياه خلال طبقات التربة .

الاضرار الناتجة من ارتفاع منسوب الماء الارضى :

ا ـ بالنسبة للانسان:

تعيش الحيوانات الدنيئة كطفيليات الإنكلستوما والبلهارسا والملاريا فى المناطق التى بها التربة مشبعة بالرطوبة، أو فى البرك والمستنقعات، فمثلا تعيش القواقع الناقلة للبلهارسيا فى مجارى المياه البطيئة السرعة والدائمة المياه والتى بها أعشاب، بينما تعيش يرقات الإنكلستوما فى الأراضى الرطبة، وكذلك ينمو البعوض الناقل للملاريا فى مزارع الأرز ومجارى المياه والبرك التى تكثر بها الحشائش وعلاج هذه الأمراض يكلف الملايين من الجنيهات سنويا علاوة على خفض إنتاج الفرد بحوالى ٢٣ ٪ أو أكثر، مما يقدر بأضعاف ذلك من نقود سنويا، إذ أن إصابة السكان بالبلهارسيا والإنكلستوما يؤدى إلى بطء نمو أجسامهم وبطء نمو القوى العقلية كما تحدث العقم فى الرجال والنساء، وقد تحدث الإجهاض بعد الحمل، كما أنه قد يولد الأطفال أمواتا أو ذوو وزن أقل من المتوسط . كذلك فإن المصابين بالطفيليات أكثر تعرضا للمرض وأكثر تعرضا للموت علاوة على ضياع مقدار كبير من الأغذية التى يتناولها الفرد فتأكلها الطفيليات التى تعيش داخل الجسم كما هو مشاهد فى المصابين بالديدان المعوية .

ب ـ بالنسبة للحيوانات والطيور :

تتعرض الحيوانات التى تعيش على أرض مشبعة بالمياه لاسيما حيث ترتفع

درجة الحرارة إلى كثير من الأمراض الطفيلية مثل الدودة الكبدية ، كذلك تصاب حوافر الماشية والأغنام مما يسبب ذبولها وقلة إنتاجها . والملاحظ أن الدجاج فى انجلترا وشمال أوروبا يعطى بيضا كبير الحجم فتعطى الدجاجة الواحدة أكثر من ٢٠٠ بيضة فى السنة وذلك لأن جو هذه البلدان لا يساعد على نمو طفيليات الدجاج .

حـ — بالنسبة للنبات :

١ - زيادة المحتوى الرطوبى للتربة كذلك ارتفاع منسوب الماء الأرضى حتى منطقة جذور النبات وتذبذب هذا المنسوب يتسبب فى قلة وجود الهواء فى مسام التربة مسببة ضعف حيوية النبات واختناق الجذور وربما عدم نشوء الجذور أصلا، علاوة على منعها من تأدية وظيفتها كامتصاص الغذاء من التربة . ومما لاشك فيه أن جذور النبات لاتخترق التربة المشبعة بالمياه لأعماق بعيد مكتفية بالطبقة السطحية من التربة مما ينقص من مقاومة النبات للعطش، ومما يسبب إنهاك هذه الطبقة ونفاذ المواد الغذائية للنبات منها بسرعة ،

٢ - كثير من أنواع البكتيريا النافعة التى تمتص النيتروجين من الهواء أو من التربة لتعطيه للنبات مباشرة أو التربة - لا يمكنها أن تعيش فى طبقات التربة المشبعة بالرطوبة ،

٣ - تشبع التربة بالمياه يساعد على تحول مادة السليولوز إلى أكسيد الكربون الذى يذوب فى الماء ويؤدى إلى الإضرار بالنبات ،

٤ - تسبب زيادة المحتوى الرطوبى نتيجة ارتفاع مستوى الماء الأرضى تأثر أشجار الفاكهة وتعرضها للأمراض الوظيفية (الفسيولوجية) وللأمراض الطفيلية

سواء فطرية أو بكتيرية مثل أمراض البياض والصدأ والتثقيب والتجعد التى تصيب أشجار الحلويات وتصمغ الجذور وتصمغ الأغصان فى الموالح وضعف النمو الخضرى وقصر عمر الأشجار وجفاف السوق والفروع وتعفن الجذور وذبولها مما يؤدى إلى نقص الإنتاج عدا ووزنا وحجما و

٥ - ارتفاع مستوى الماء الارضى فى فترة تزهير القطن وتكوين اللوز يؤدى إلى جفاف اللوز والأزهار وسقوطها وإلى إحمرار الأوراق وانتشار مرض العنكبوت الأحمر وبالتالى تؤدى إلى نقص واضح فى محصول القطن . وعلى سبيل المثال فإن نبات القطن إذا غمرت بعض جذوره أدى ذلك إلى سقوط اللوز وفى ذلك خسارة جسيمة إذ أن سقوط لوزة واحدة يضيع على الوطن حوالى ٣ر٠ مليون قنطار أى أكثر من ٥ر٠ مليون جنيه وذلك باعتبار أن الشجرة تحمل فى المتوسط عشرة لوزات وأن المحصول الكلى حوالى ٣ر٠ مليون قنطار .

وتشير نتائج التجارب إلى التأثير المباشر على المحصول نتيجة إرتفاع مستوى الماء الارضى ولو لفترة قصيرة أثناء دورة حياة النبات وفيما يلى مثل لذلك مع نبات الشعير باعتبار أن المحصول الناتج عند خفض مستوى الماء الارضى إلى ٨٠ سم بصفة مستديمة أثناء نمو النبات يعادل ١٠٠ وحيث تم رفع منسوب الماء الارضى لمدة ١٥ يوم فى فترات مختلفة من عمر النبات :

فترة رفع منسوب الماء الأرضى	المحصول فى حالة العمق الذى رفع إليه منسوب الماء الأرضى إلى:			
	١٠ سم	٢٥ سم	٥٠ سم	٨٠ سم
١٠ يونية ٢٥ يونية	٢١	٣٠	٥٧	١٠٠
٢٠ يونية ٥ يولية	٢٦	٤٦	٧٦	١٠٠
أول يولية ١٥ يولية	٢٠	٢٩	٣٩	١٠٠
١٠ يولية — ٢٥ يولية	٢٣	٣٦	٤٥	١٠٠

جدول ١ - أ : تأثير فترة رفع منسوب الماء الأرضى إلى أعماق مختلفة على محصول الشعير .

ويرى بوضوح من الجدول (١ - أ) مدى توقف النقص فى إنتاج محصول الشعير على فترة دورة حياة النبات التى رفع خلالها منسوب الماء الأرضى ، وواضح أن نقص المحصول تأثر أكبر الأثر فى بداية حياة النبات وذلك لعدم تمكن جذوره من التعمق فى التربة ونموها فى الطبقة السطحية من التربة فقط وبالتالى عدم إمكان هذه الطبقة من موافاة النبات بالاحتياجات المائية مع تقدم عمر النبات علاوة على عدم مقدرة النبات على تحمل العطش إذا مازاد عمق المياه الأرضية ، كذلك فإن نقص المحصول أكثر تأثرا فى فترة طرد السنابل وهى فترة زيادة معدل امتصاص الماء والعناصر الغذائية إلى أكبر معدل أى أن ارتفاع منسوب الماء الأرضى فى هذه الفترة قلل من مقدرة النبات على امتصاص جميع احتياجاته نتيجة سوء التهوية والعوامل الأخرى السابق شرحها .

وبصفة عامة فإن الصرف الجيد يؤدى إلى التبكير فى زراعة المحاصيل ويزيد من كميتها ويؤدى إلى تحسينها وجودة نوعها كما يرفع من قيمة الأرض الزراعية علاوة على تقليل الوقت اللازم للزراعة إذ أن تأخر وضع البذور أسبوعا واحدا

عن الوقت المناسب قد يتسبب - فى كثير من الأحيان - فى ضعف المحصول ونقصه بما يعادل من ١٠ إلى ٥٠ ٪، والعكس صحيح بمعنى أن زيادة المياه فى قطاع التربة تتسبب فى الإضرار بالنبات ودرجة نموه، علاوة على التأثير فى مواعيد وضع البذور وغير ذلك من عمليات زراعية مختلفة .

والجداول ١ - ب ، ١ - حـ ، ١ - ى ، ١ - هـ تبين مدى تحسن محصول الذرة والأملاح التى أمكن إزالتها نتيجة تنفيذ مشروعات الصرف المغطى فى بعض مناطق دلتا النيل بعد عشرة سنوات من التنفيذ :

المكان	المساحة بالفدان	معدل انتاج الفدان أردب / فدان		نسبة زيادة المحصول للفدان
		قبل تنفيذ الصرف	بعد الصرف المغطى	
فيشا	٣٠٠٠	٥,١٠	٧,٤٦	٤٦
سروهيت	٢٠٠٠	٥,٣٥	٧,٧٨	٤٥
غرب فيرونيا ...	٣٣٠٠	٥,٣٣	٨,٣٢	٥٦
سرس	٤٠٠٠	٤,٧٩	٨,٣٧	٧٥
شنشور	١٢٠٠	٥,٤٠	٨,٣٤	٥٥
سلوانة	٢٢٠٠	٥,٣٩	٧,٨٠	٤٥
كلاله	٢٦٠٠	٥,٤٤	٧,٥٨	٣٨
المجموع	١٨٥٠٠	نسبة الزيادة فى المحصول = ٤٧ ٪		

جدول ١ - ب : بعض نتائج زيادة محصول الذرة بعد تنفيذ شبكة الصرف المغطى فى بعض مناطق دلتا النيل .

المكان	المساحة بالفدان	كبريتات الصوديوم المزالة/فدان بالطن	مجموع كبريتات الصوديوم المزالة	الأملاح المذابة التي أزيلت/فدان خلال ٣ سنوات بالطن	مجموع الأملاح المذابة التي أزيلت خلال ٣ سنوات بالطن
فيشا	٣٠٠٠	٣٠٤٠	٩١٢٠	٧٣٠٠	٢١٩٠٠
سروهيت	٢٠٠٠	٢٤٠٠	٤٨٠٠	٧٥٠٠	١٥٠٠٠
سرس	٣٠٠٠	٣٥٠٠	١٠٥٠٠	٨٣٥٠	٢٥٠٥٠
شنشور	١٣٠٠	١٥٠٠	١٩٥٠	٣٠٠٠	٣٩٠٠
تملوانة	٢٣٠٠	٣٧٥٠	٨٦٢٥	٩٠٠٠	٢٠٧٠٠
المجموع	١١٦٠٠	...	٣٤٩٩٥	...	٨٦٥٥٠

جدول ١ - ج: الأملاح المزالة بعد تنفيذ المصارف المغطاة بفترة ثلاث سنوات .

EC_e in mmhos/cm	Embabe Percentage of area		Belbeis Percentage of area	
	Before drainage	After drainage	Before drainage	After drainage
Less than 2	35	81	17	38
2 — 4	39	17	26	42
4 — 6	20	2	29	18.5
8 — 16	0	0	27.5	1.5
moe tha 16	0	0	0.5	0

Table 1—d : Desalinization of saline parts جدول ١ - د : **of the Embabe and Belbeis surface soil (0 — 0 5 m.) one yeor after tile consrtuction**

EC_e in mmhos/cn	Embabe Percentage of area		Belbeis Percentage of area	
	Before drainage	After drainage	Before drainage	After drainage
From 0 — 1	6	14	0	1
1 — 2	35	81	17	62
2 — 4	39	5	26	33
4 — 6	20	0	29	4
8 — 16	0	0	27.5	0
more than 16	0	0	0.5	0

Table 1 — e : Desalination of saline parts جدول ١ - هـ : **of the Embabe and Belbeis surface soil (0—0.5 m.) in 1966 The construction of the drainage system in Embabe is finished in 1963 and is finished in Belbeis in 1964.**

د – بالنسبة للحشرات :

التربة هى المسكن الطبيعى للحشرات بمعنى أن التربة المشبعة بالمياه تلائم معيشة الحشرات و من سوء الطالع أن الحشرات الشديدة الضرر بالزراعة تهوى التربة الزائدة الرطوبة وتتخذها مسكنا أو تتحصن بها فى مختلف أطوار حياتها اوأدور بياتها فتنجو من حر الصيف ومن برد الشتاء وتهاجم النبات فى أخطر مراحل حياته وهى مرحلة النمو فى الصغر ومرحلة الإثمار فى الكبر. ومثال لذلك : الدودة القارضة التى تصيب القمح والتى تنشط لدرجة كبيرة إذا ما زاد المحتوى الرطوبى إلى ٦٠ ٪ والحفار الذى يتغذى بالغلال والبقول والقطن والقصب ودرنات الطماطس ومثل الندوة العسلية وبرغوث الأرض الذى يصيب القطن فى المناطق ذات المحتوى الرطوبى العالى وكذلك دودة ورق القطن التى لا تأكل ورق القطن فحسب بل تأكل براعمه وزهره ولوزه وتنخر سيقانه ولا يقصر أذاها على القطن وحده بل تصيب أكثر من خمسين نوعا من أنواع النباتات الأخرى وتمضى هذه الحشرة فصل الشتاء ومنتصف الربيع مختفية فى البرسيم على هيئة ديدان كبيرة وشرانق فى الأرض لاتخرج إلا لتضع بيضها على القطن بدليل : أن جفاف أرض البرسيم ونقص رطوبة التربة يؤديان إلى قتل عدد كبير من شرانقها.

هـ – بالنسبة للتربة :

١ – بناء التربة :

كثيرا ما يقاسى حجم وشكل وترتيب حبيبات التربة ومسامها من تشبع التربة بالمياه إذ عند تشبع التربة بالمياه يقل إلى حد كبير النشاط الحيوى كما يقل نشوء جذور النبات وإذا ما استمر هذا التشبع بالمياه فإن دورتى التجفيف والبلل وما يصحبها من انكماش وتمدد لا يكون لها وجود وبالتالى تحرم الأرض من المزايا الطبيعية

التى تصحب التجفيف من تشقق وتهوية وغيرها . كذلك مما يؤذى بناء التربة كثيرا عمليات الحرث والزراعة وجنى المحصول إذا تمت فى أرض عالية المحتوى الرطوبى أو مشبعة بالمياه ويلاحظ هذا جيدا فى المساحات سيئة الصرف إذا قورنت بمساحات أخرى جيدة الصرف كما يلاحظ التحسن الكبير فى بناء التربة إذا تحسن الصرف علاوة على تحسن معدل حركة المياه خلال طبقات التربة ذاتها فالصرف يؤدى إلى تجميع حبيبات التربة الصغيرة مع بعضها مكونة مجموعات أكبر حجما مما يؤدى إلى تسهيل عملية الحرث والعمليات الزراعية الأخرى.

٢ – تهوية التربة :

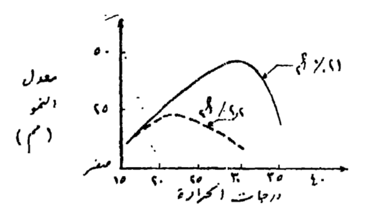
تشبع التربة بالمياه معناه امتلاء المسام بها مما يسبب عرقلة اختراق الهواء لهذه المسام وبالتالى يقل انتشاره فيها مما يؤدى إلى هبوط مستوى الأكسيجين وارتفاع مستوى ثانى أكسيد الكربون نتيجة لتحلل المواد العضوية مكونة مواد هيدروكربونية قد تتسبب فى تأخير نمو النبات وتعرقل تنفس النبات فمثلا إذا تعرض نبات البنجر إلى تهوية ضئيلة فإن درناته تصبح غير منتظمة وغير متكاملة. كذلك فإن البطاطس غير المنتظمة والتى يكون سطحها غير مستوى غالبا يكون نموها فى أرض سيئة التهوية عادة. وباختصار فإن تشبع التربة بالمياه معناه تغير الخواص الكيماوية والطبيعية والحيوية لها . والمعروف أن الأكسيجين يساعد على تحويل المواد الغذائية إلى مواد فى صورة ذائبة . كذلك هو عامل هام فى تحلل المواد العضوية وفى عملية إنبات البذور ونشوء الشعيرات الجذرية إذ لا ينمو أى نوع من جذور النبات فى غياب الأكسيجين. وقد ذكر كانون عام ١٩٢٥ (Cannon) أن معظم النباتات تحتم بشكل عام ضرورة احتواء الأرض فى منطقة الجذور على ١٠ ٪ من الهواء أى ٢ ٪ من الأكسيجين ، لذلك فإن قلة الأكسيجين أو

انعدام وجوده معناه اختناق الجذور وموتها ، وفى النهاية ذبول النبات وموته . والنباتات التى تنمو طبيعيا فى أراض جيدة الصرف والتهوية تكون فى العادة حساسة لأى نقص فى الأكسيجين وحتى النباتات التى يمكنها أن تعيش مغطاة بالأتربة أو خلافها لفترة طويلة كبعض أنواع التوت البرى (Cranberries) فإنها تقاسى سوء التهوية إذا تشبعت التربة بالمياه وساء صرفها . وهناك بعض النباتات تتحمل قلة الأكسيجين لفترة طويلة إذ تحمل فى سيقانها وجذورها بعض الأنسجة الخاصة التى تنقل الأكسيجين اللازم للجذور وقت الحاجة . ونظراً لأن ثانى أكسيد الكربون نادرا ما يحدث بالوفرة — فى التربة — التى تؤدى إلى إيذاء النبات فإن نضوب الأكسيجين هو العامل الحرج فى الأراضى العالية المحتوى الرطوبى والأراضى المشبعة بالمياه . ولا ننسى أن سوء التهوية يقلل من صعود العصارة إلى أعلا الساق ويقلل من امتصاص النبات للمواد الغذائية . وفى دراسة للعالم لاوتن (K. Lawton) بولاية أيوا (الولايات المتحدة) على الذرة الشامية وجد أن نقص الامتصاص كالآتى :

بوتاسيوم > كالسيوم > مغنسيوم > نيتروجين > فوسفور

بينما يزيد امتصاص أكسيد الحديدوز والمنجنيز لحد قد يؤذى جذور النبات إذا زاد تشبع التربة بالمياه وكذلك ربما يزيد كبريتيد الهيدروجين إلى المستوى السام إذا تخللت كيات وافرة من المواد العضوية وشكل (٢) يبين الفارق الكبير فى معدل نمو الجذور لنبات القطن (Gossypium barbadense) عند نسبة ٢١ ٪ من الأكسيجين عنه عند نسبة ٢,٢ ٪ من الأكسيجين .

وقد ذكر فسر (Visser, 1941) أن التربة السوداء فى جرونتجن بهولندا التى تحتوى نسبة عالية من الأكسيجين تعطى محصولا عاليا.



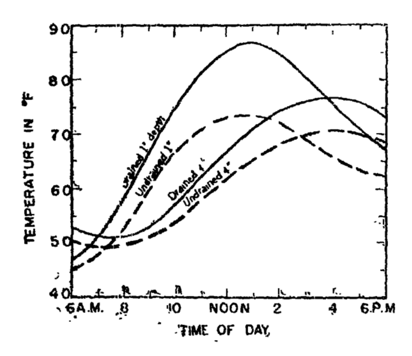
شكل ٢ : معدل نمو الجذور لنباتات القطن Gossypium barbadense عند درجات حرارة مختلفة مع ثبات الضغط جزئيا بالنسبة للأكسيجين

(Cannon, 1925)

ويزيد ثانى أكسيد الكربون كلما زاد عمق التربة بينما يقل الأكسيجين ومع زيادة ثانى أكسيد الكربون فى هواء التربة تقل نفاذية جدران الشعيرات الجذرية وتقل قدرتها على إدخال المياه إلى خلاياها .

٣ — حرارة التربة :

لاشك أن حرارة التربة تتأثر بمدى تعرضها لأشعة الشمس وكمية الظل عليها وقوة الإشعاع والمحتوى الرطوبى للتربة بالإضافة إلى حركة المياه داخل طبقات التربة . والأراضى جيدة الصرف ترتفع درجة حرارتها أسرع من الأراضى ذات المحتوى الرطوبى العالى والأراضى المشبعة بالمياه بما يقدر بفرق حوالى ٨ درجات مئوية عند عمق ٢/١ ٢ سم وأربعة درجات مئوية عند عمق ١٠ سم كما هو واضح بشكل ٣ وذلك يرجع إلى أن الحرارة النوعية (Specific heat) للماء تساوى ١,٠ عند درجة حرارة ١٥ مئوية بينما الحرارة النوعية لتربة جافة تساوى ٠,٢ فى المتوسط وهذا يعنى أنه لرفع درجة حرارة حجم معين من الماء درجة



شكل ٣ : تأثير الصرف على حرارة التربة

حرارة واحدة فإنه يحتاج إلى حوالى خمسة أضعاف ما يحتاجه نفس الحجم من التربة الجافة . لذلك فإنه كلما يرتفع المحتوى الرطوبى للتربة كلما تزداد كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارتها . كذلك فإن بخر المياه من التربة المشبعة بالماء يؤدى إلى نقص درجة حرارة التربة أو برودتها إذ يلزم ٥٨٠ كالورى من الحرارة لتحويل جرام واحد من الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية تؤخذ أغلبها من التربة . وأخطار أثر لزيادة الرطوبة بالتربة أو تشبعها بالمياه على حرارة التربة هو عند فترة إنبات البذور إذ يزيد معدل النمو والإنبات الطبيعى مع زيادة درجة الحرارة مابين درجة حرارة ٢٠ مئوية ، ٣٠ مئوية فى حالة نسبة الأكسيجين العالية كما هو موضح بشكل (٢) . كذلك فإن خفض درجة الحرارة يحد من تفرع النبات ويقلل من نشوء الجذور الشعرية كما يؤثر على فترة البيات أو أو السكون Dormancy وعلى معدل نضج المحصول . وبالإضافة إلى ذلك فإن

خفض درجة الحرارة يؤثر على امتصاص وتركيب المواد العضوية وتحول المواد الغذائية من صورة إلى أخرى وعلى عملية التنفس وعلى قوة خلايا النبات لتجميع الايونات الغذائية ، ورغم أن خفض درجة الحرارة لايؤخر امتصاص النيتروجين إلى الحد الخطير إلا أنه يؤثر على معدل تحويل النيترات إلى الصور العضوية، كذلك فإن معدل امتصاص الماء من التربة ينخفض إلى الحد الذى يسبب الذبول إذا أحدث التنفس السريع بالنبات فرقاً كبيراً فى الرطوبة نتيجة لعدم استطالة الجذور بالقدر المناسب أو نتيجة خفض معدل حركة الماء من التربة إلى النبات أو نتيجة ارتفاع لزوجة الماء والمواد الحيوية المكونة للخلايا وخفض مسامية خلايا جذور النبات . كذلك فإن خفض الحرارة مصحوبا بسوء التهوية يسببان فقد النبات قدرته على مقاومة الأمراض، ومثال ذلك ما يحدث لنبات الدخان والبصل من تعفن الجذور . وقد ثبت أن بعض النباتات تقل مقاومتها للأملاح فى الجو الحار عنها فى الجو البارد وإن كان ذلك يتوقف على مدى ملاءمة النبات للجو الذى يتعرض له .

٤ — تركيز الاملاح :

ومن المؤكد أن عدم توفر الصرف الجيد مع ارتفاع منسوب الماء الأرضى إلى قرب سطح الأرض والذى يحتوى غالبا على أملاح ذائبة ـ يؤدى إلى ارتفاع المياه بالخاصة الشعرية حتى سطح الأرض حيث تنشط عمليتى النتح والبخر تاركة الأملاح على السطح العلوى وفى طبقات التربة العلوية ومنها مناطق نمو جذور النبات . ومن هذه الأملاح مركبات الصوديوم التى تسبب ملوحة التربة وأملاح المغنسيوم التى تسبب لزوجة التربة وصعوبة خدمتها . وكلما إزدادت عمليات النتح والبخر كلما تراكمت الأملاح على سطح الأرض وفى طبقاتها العليا حيث ينمو فيها النبات . والأملاح تؤثر فى نمو النبات عن طريقين :

الأول : عن طريق تقليل كميات المياه التي يأخذها النبات من التربة بسبب ارتفاع الضغط الاسموزى الذى يعتبر وسيلة للتعبير عن كمية الأملاح بالمحلول المائى حول جذور النبات ،

والثانى : عن طريق التأثير السام للأملاح إذا زاد تركيزهـــا عن حد معين .

والتأخر فى نمو النبات يتأثر مباشرة بارتفاع الضغط الاسموزى بغض النظر عن نوع الاملاح . فقد وجد أن التربة التى تقدر ملوحتها بحوالى ٤ ملليموز/سم لاتعطى فرصة لإنبات الفول بنسبة أكثر من ٤٠ ٪ من بذوره . كذلك فإن الكلوريدات والصوديوم والبورون والبيكربونات تأثيرها سام لبعض النباتات لاسيما معظم الفواكه .

من أجل ذلك يلزم دراسة العلاقة بين ملوحة الأراضى وبين ملوحة المياه الأرضية أو المياه الجوفية العالية المنسوب والقريبة من سطح الأرض ، وكذلك تأثير مستوى الماء الأرضى وأسباب هذا الارتفاع واتجاه حركة المياه الواجب صرفها . وقد يؤدى تشبع الأراضى بالمياه أو زيادة محتواها الرطوبى إلى إحداث تغيرات كياوية وطبيعية تتحول بسببها بعض المركبات والأملاح القابلة للذوبان إلى مركبات غير قابلة للذوبان لاتلبث أن تتجمع بالتربة فتصبح الأراضى غير صالحة للزراعة صعبة العلاج .

٥ ـ اعمال الميكنة الزراعية :

من غير الممكن تشغيل أعمال الميكنة الزراعية الحديثة بكفاءة عالية فى الأراضى المشبعة بالمياه أو ذات المحتوى الرطوبى المرتفع ـ سواء ماكينات

الحرث أو جنى المحصول أو مختلف العمليات الزراعية المتنوعة وكلما انخفض منسوب الماء الأرضى حتى حد معين كلما زادت كفاءة التشغيل وبالمثل كلما انخفض المحتوى الرطوبى .

مباحث الصرف (Drainage Investigations)

العوامل الرئيسية التى يجب أخذها فى الاعتبار لدراسة أى مشروع للصرف الزراعى هى ما يتصل مباشرة بالمياه وبالتربة التى سيتم صرفها مثل الخواص الفسيوغرافية وخواص التربة والمياه الأرضية وموارد المياه . لذلك يجب طرح الأسئلة الآتية حتى تظهر صورة متكاملة واضحة عن مشروع الصرف :

١ ـ هل هناك أو هل سيكون هناك فائض من المياه ؟

٢ ـ هل يتوفر مخرج أو مصب مناسب لهذه المياه ؟

٣ ـ ماهو مصدر المياه الزائدة ؟

٤ ـ ماهى الاحتياجات الصرفية (Drainage requirements) أو بألفاظ أخرى : هل يمكن للتربة أن تصرف بكفاية مناسبة ؟ ومامقدار المياه التى يجب إزالتها ؟

٥ ـ ماهى أحسن الوسائل للصرف حتى يمكن استخدامها كى تعطى أحسن النتائج ؟

وللحصول على إجابة شافية لجميع هذه الأسئلة ، فإن أولى الخطوات لعمل المباحث الاولية لمشروع صرف ما ، هو جمع وفحص وتحليل جميع البيانات المتوفرة والخاصة بجيولوجية المساحة وطبوغرافيتها ، فالعوامل الجيولوجية وبالأخص الجيومورفولوجية تساعد على تفهم وتحليل مايحدث من مشاكل صرف

وطريقة حلها ، حيث أن التربة هي نتيجة لمواد الأصل والطبوغرافية والمناخ والغطاء النباتي وعوامل التجوية ، إذ أن كل هذه العوامل تحدد قوام التربة وخواصها الكيماوية وصفاتها الهيدروليكية وغيرها ومثال ذلك طرق تكوين مواد القشرة الأرضية وما صاحبها من طبوغرافية السطح وكذلك وجود الخزانات الارتوازية مما يسبب إرتفاع المياه تجاه سطح الأرض . ويدخل تحت المساحة الطبوغرافية عمل : الميزانية الشبكية والقطاعات الطولية والعرضية لمعرفة مناسيب سطح الأرض وخطوط الكنتور وانحدارات سطح الأرض ومعرفة : أطوال هذه الانحدارات وموقع واتجاه المصارف الطبيعية إن وجدت ومخارج المياه ومصباتها والمناطق المنخفضة المعرضة لتجمع المياه وكل ما يؤثر على الصرف كالطرق والآبار وخطوط السكك الحديدية وأى أعمال صناعية وحدود الملكية وغيرها . ويتوقف مقياس رسم هذه الخرائط الطبوغرافيه على حجم المساحة وأغراض الدراسة ، كما يمكن الاستفادة من الصور الجوية (Aerial photographs) لتحديد مجارى الصرف الطبيعية والصناعية وكشف مواقع ومشاكل الصرف والبقع حيث مشاكل الملوحة والقلوية وكذلك تحديد مصادر المياه الوائدة .

وبالاضافة إلى ذلك فمن الضرورى جمع وفحص وتحليل : بيانات أرصاد الآبار ومناسيب المياه ، وتذبذبها ، وحدوثها ، وتوزيعها ، وحركتها ، ونوعها ، والأمطار ، والجريان السطحى ، والمعلومات الخاصة بالتربة لاسيما تكوينها وطبيعتها وكيمياتها ومقدرتها على نقل المياه . ونتيجة تحليل هذه البيانات تكشف عما يراد استيفاؤه من معلومات .

اولا : استطلاع الحقل (Reconnaissance) :

ويحدد منه الآتى :

١ - موقع وكفاءة المجارى المائية الموجودة وحـــدود القرى والحقول والملكيات المختلفة ،

٢ - موقع وحالة المصبات (Outlets) ومداخل المياه ،

٣ - موقع وصفات مجارى الرى وفروعها والآبار والينابيع والـــبرك (Ponds) والخزانات المائية وأى موارد مائية أخرى،

٤ - وسائل وطرق الرى المحلية وكفاءتها والتسوية والانحدارات ... الخ ،

٥ - تقديرات مبدئية عن مستوى الماء الأرضى وتذبذبه واتجاه حركة المياه،

٦ - أنواع المحاصيل الزراعية وحالتها وأى اتجاه لتغييرها مستقبلا .

٧ - نوع وموقع والمسافة بين أى مصارف موجودة فعلا وتأثيرهـا إن وجد والمقارنة بمساحات مشابهة فى الظروف المحلية للموقع المراد إنشاء مشروع الصرف به ،

٨ - أى علامات وملاحظات تدل على وجود فيضانات عالية أو سيول ،

٩ - الصفات الطبوغرافية الواضحة والتى قد تؤثر على موقع المصارف. ويحسن عمل مساحة طبوغرافية والتى يدخل تحت دراستها عمل ميزانية شبكية وقطاعات طولية وعرضية على ضوء المناسيب الموضحة بخطوط الكنتور حيث يتوقع إنشاء المصارف ويبين على القطاعات مناسيب أرض الزراعة ومناسيب المبدأ والمصب ،

١٠ - أى دلائل للملوحة أو القلوية بالمساحة ،

الكثيفة أو يشير إلى تراكم بعض المياه السطحية عليها مما يسترعى الانتباه لتسجيل وجود نحر من عدمه فى بعض المساحات المجاورة ،

٥ - إذا ندر ظهور النباتات فى مساحة ما فى الوقت الذى توجد فيه نباتات بكثافة حول هذه المساحة فإن ذلك يدل إما على مسامية عالية جداً للطبقات السطحية لاتوفر الماء الضرورى لوجود النباتات وإما يدل على انعدام المسامية تماما أو إلى قطاع تربة غير عميق،

٦ - إذا ظهرت الألوان الرمادية أو الزرقاء الخفيفة أو السوداء فى قطاع التربة فهذا يشير إلى وجود كميات مياه رشح بوفرة ،

٧ - الألوان البنى والأحمر والأصفر فى قطاع التربة تدل على صرف جيد وكاف تحت الظروف الطبيعية ،

٨ - ظهور أعراض ملوحة التربة فى مساحة ما يشير إلى كميات رشح من المناطق المجاورة أو إلى منسوب ماء أرضى مرتفع أو إلى كمية بخر مرتفع للمياه السطحية المتجمعة فى الأجزاء المنخفضة وبالتالى فإن صرفها ردىء ،

٩ - ظهور البقع المليئة بالرطوبة تجاور أخرى جافة قد يدل على معامل توصيل هيدروليكى أو نفاذية منخفضة لطبقات التربة تحت السطح التى قد تكون متعرجة أى غير أفقية ،

١٠ - نمو النباتات المحبة للمياه (Water loving plants) مثل الصفصاف (Willows) أو (Tules) بمناطق واطئة يدل على منسوب عالى للمياه الأرضية وكميات من مياه الرشح من مناطق أخرى عالية أو يدل على مصادر مياه سطحية قريبة و

١١ - إذا كانت مياه الصرف بمنطقة ما قلوية جدا وتحتوى على نسبة من الطين المعلق بها فإن ذلك يدل على أن الأراضى بهذه المنطقه قلوية بعكس الأراضى الملحية التى تكون فيها مياه الصرف رائقة.

ثانيا - المباحث التحت سطحية (Subsurface investigations) :

والغرض منها جمع وتحديد المعلومات الآتية :

ا - صفات التربة لاسيما الصفات الخاصة بنقل وتوصيل المياه (Transmission properties of soil) وهى :

١ - صفات طبيعية ومنها الكثافة [1] (أنظر الملاحظة بذيل الصفحة) وحجم الحبيبات وتوزيعها وبناء التربة ولونها وأى تغير بها رتيمتها (Mottling) وأى بلورات ملحية يمكن رؤيتها (Visible salt crystals) وأى ظروف غير ثابتة للتربة (Unstable conditions).

---

(١) يمكن الحصول على كثافة الحبيبات الصلبة للتربة باستعمال إناء خاص (Pycnometer) وحساب :

الكثافة = كثافة الماء (جم/سم^{3}) [وزن الإناء وبه عينة التربة بعد تجفيفها بالفرن - وزن الإناء وبه الهواء] / [وزن الإناء مملوءا بالماء + وزن الإناء وبه عينة التربة بعد تجفيفها فى الفرن - وزن الإناء وبه الهواء - وزن الإناء مملوءا بالعينة والماء]

أما كثافة التربة الظاهرية فيمكن الحصول عليها بقسمة وزن العينة بعد تجفيفها فى الفرن على حجم العينة كما حصل عليها من الحقل . والنوموجرام بشكل ٤ يعطى العلاقة بين كثافة التربة الظاهرية والمسامية وكثافة حبيبات التربة .

٢ - الصفات الكيماوية ونسبة الأملاح بها وأنواعها ودرجة تركيزها ونسبة الصوديوم المتبادل وكميات الجير والجبس . وتعتبر ملوحة التربة مرتفعة إذا بلغت قيمة ودرجة التوصيل الكهربائي (Electrical conductivity) بالمليموز/سم عند درجة حرارة ٢٥°م لمستخلص التربة - من ١٠ - ١٦ ملليموز / سم بينما تعتبر الملوحة متوسطة إذا بلغت من ٤ - ١٠ ملليموز / سم بينما تعتبر معتدلة إذا بلغت من ٢ - ٤ ملليموز / سم . أما إذا بلغت أقل من ٢ ملليموز / سم فتعتبر ملوحة التربة عادية . (للحصول على الملوحة بالجزء فى المليون تضرب درجـــة التوصيل الكهربائى فى المقدار ٦٤٠) .

٣ - صفات التربة الخاصة بنقل وتوصيل المياه ومنها :

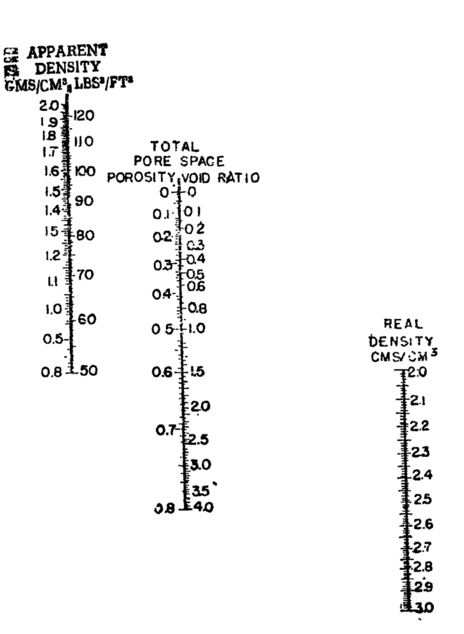
(i) مسامية[٢] التربة ونفاذيتها ومعامل التوصيل الهيدروليكى ،

(ii) قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه (Moisture holding capacity) معبراً عنها بالسعة[٣] الحقلية (Field capacity) التى تساوى المسك النوعى (Specific retention) أى كمية المياه التى تحجزها التربة بسبب القوى الجزيئية

---

(٢) مسامية التربة هى النسبة المئوية للفراغات بحجم معين من التربة والتى لاتشغله المواد الصلبة بالنسبة إلى هذا الحجم الكلى من التربة والنوموجرام بشكل ٤ يعطى العلاقة بين كثافة المواد الصلبة للتربة والكثافة الظاهرية والمسامية .

(٣) السعة الحقلية هى المحتوى الرطوبى للتربة فى الحقل بعد مضى يومين أو ثلاثة من ريها رية غزيرة أو من هطول الأمطار على قطاع التربة بغزارة ويمكن التعبير عنها كنسبة إلى الوزن الجاف للتربة (تخزين المياه بين تشبع التربة وسعتها الحقلية يعادل من ٤٪ - ٨٪ فى معظم مساحات دلتا النيل) .



شكل ٤ : نوجرام يعطى العلاقة بين كثافة التربة الظاهرية والمسامية وكثافة حبيبات التربة .

انخفاضها . وقد تسمى المسامية المصرفية أحيانا السعة أو الإنتاج النوعى (Specific yield) الذى يساوى معامل التخزين (Storage coefficient) في الخزانات الغير محدودة (Unconfined) . والعلاقة بين المسامية (Porosity : P) والسعة الحقلية أو المسك النوعى (R) والإنتاج النوعى (S) أو المسامية الصرفية هى :

$$S + R = P \qquad \cdots (1)$$

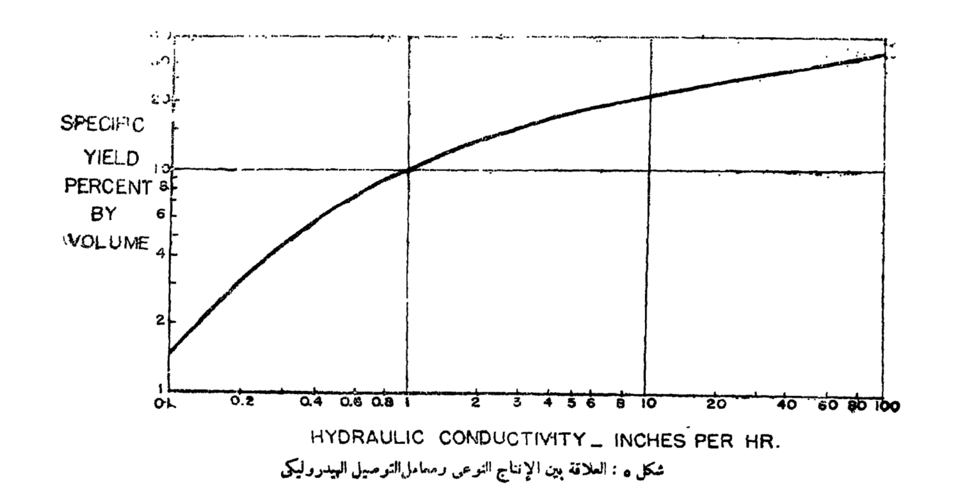
وشكل (٥) يبين العلاقة بين النفاذية أو معامل التوصيل الهيدروليكى والإنتاج النوعى (Specific yield) أو المسامية الصرفية (Drainable Porosity) لأكثر من ٩٠٠٠ عينة من أنواع مختلفة من التربة .

وتعطى المسامية الصرفية صورة واضحة عن مدى تخلص التربة من المياه الحرة بها الواقعة تحت تأثير الجاذبية الأرضية وهى المياه المطلوب التخلص منها وصرفها .

وفى الحقيقة فان أهم عامل هو النفاذية (Permeability) وبالتالى معامل التوصيل الهيدروليكى الذى يجب تحديده حتى عمق ٣ متر على الأقل فى معظم الاحوال . ويرى بعض العلماء أن نوع معدن الطين السائد والايونات السائدة عليه تلعب دوراً كبيرا فى تحديد نفاذية التربة واستعمل لهذا الغرض اختبار حرارة الابتلال لتحديد نوع الطين والكاتيونات السائدة عليه .

ب ـ **سمك طبقات التربة :** ومدى استمرارها وعمق الطبقات الصماء والترتيب الرأسى لطبقات التربة المختلفة أى ستراتجرافيتها (Stratigraphy) .

ومن أجل ذلك تحفر عدة آبار يعتمد عددها والمسافة بينها على نوع وأهمية



شكل ٥ : العلاقة بين الإنتاج النوعى ومعامل التوصيل الهيدروليكى

الدراسات والأبحاث وعلى حجم وشكل مشروع الصرف، وكبداية يمكن عمل :

١ ثقب (Hole) من كل ١٠ ثقوب حتى عمق الطبقات الصماء ،

٣ ثقوب من كل ١٠ ثقوب حتى عمق ٩ - ١٢ متر و

٦ ثقوب من كل ١٠ ثقوب حتى عمق ٣ متر

كما تعمل عدة قطاعات طولية يحدد عليها البعد الكيلومترى ، ومدى وانحدار مختلف الطبقات، وعلاقتها بالسطح، وحالة المياه الأرضية . وبناء مختلف الطبقات وكافة البيانات الممكن الحصول عليها . وقد يكون من المفيد عمل خرائط كنتورية لطبقات التربة المختلفة والطبقة الصماء وللمياه الأرضية . ويحسن رسمها على ورق شفاف لإمكان مقارنة بعضها مع البعض الآخر .

ثالثا — دراسات موارد المياه :

قد يكون مصدر المياه الزائدة المطلوب التخلص منها الآتى :

أ - تساقط المياه على أى شكل من أشكالها مطر أو خلافه (Precipitation)،

ب - مياه الرى واستعمالها ؛

حـ - مياه الرشح من كتل المياه السطحية (Water bodies) و

ى - ضغط هيدروستاتيكى من خزانات ارتوازية أو طبقات حاملة لمياه أرضية (Perching Water) منفصلة عن المياه الأرضية ذات المنسوب المنخفض .

وقد يكون مصدر المياه الزائدة خليط من أنواع هذه المياه ولابد من معرفة مصدر هذه المياه الزائدة حتى يمكن اتخاذ اجراءات فعالة، فإذا كان مصدر المياه هو الأمطار فقد يكون الحل هو الصرف السطحى، أما فى حالة مياه الرى الزائدة

فقد يكون الحل هو تعليم المزارعين كيفية استعمال المياه بكفاءة عالية بجانب المصارف . أما فى حالة الرشح فالحل قد يحتوى على تبطين لبعض مجارى الرى ، أما فى حالة الضغط الهيدروستاتيكى فالحل هو استعمال آبار التخفيف أو آبار التفريج (Relief wells) وجميع هذه الحلول قد تكون مرتبطة بعمل مصارف قاطعة (Relief or Indterceptor drains) .

ونورد فيما يلى شرحا مختصرا لهذه المصادر من المياه الزائدة : أ ، ب ، حـ ، د ثم نشرح فى هـ دراسات المياه الأرضية.

أ — تساقط المياه (Precipitation) :

ويلزم لذلك تحليل البيانات المتعلقة بالأمطار ، وأشكال المياه الأخرى ، والجريان السطحى ، وتأثيرها على كمية المياه على سطح الأرض ، وتأثيرها على منسوب الماء الأرضى. كما أن تسجيلات الأمطار لفترات طويلة يجب ربطها بهيدروجراف مستوى المياه لفترات طويلة كلما أمكن ذلك علاوة على أن توزيع الأمطار يجب ربطه بتذبذب منسوب الماء الأرضى. فمثلا تلاقى هذه الذبذبات قد يشير إلى استمرار الأمطار كمصدر للمياه .

ب — مياه الرى :

وفى هذه الحالة يجب دراسة :

١ — مناسيب الأنهار والترع المحيطة وكفاءة الرى والفاقد من مياه الرى أثناء نقلها من موردها وتوزيعها إلى الحقل وكميات الأملاح الذائبة فى مياه الرى ، وحساسية المحاصيل المختلفة للأملاح ،

٢ — تأثير كل رية منفصلة على منسوب الماء الأرضى ،

٣ - تذبذب منسوب الماء الأرضى على مدار مواسم الرى والمواسم التى ليس بها رى و

٤ - تغير منسوب الماء الأرضى وضغوطه واتجاهاته لفترة عدة سنوات قبل وبعد الرى .

جـ - الرشح :

يجب المقارنة بين تذبذب منسوب الماء الأرضى وبين منسوب المياه بقنوات الرى والخزانات المجاورة واستعمال مياه الرى بأى أراضى مرتفعة مجاورة إذ يشير ذلك إلى مصدر مياه الرشح . وكثيراً ما يدل نمو النباتات المحبة للميـــاه كالصفصاف (Tules , Willow's) وغيرها - على وجود منسوب مياه أرضية مرتفعة المنسوب أو على احتمال رشح تحت سطح الأرض . ويمكن استعمال الأصباغ أو الأملاح أو ثقوب الملاحظـــة (Observation holes) والبيزومترات لاكتشاف الرشح .

د - الضغط الهيدروستاتيكى :

قد يكون وجود آبار أرتيزية قديمة سبباً فى إرتفاع المياه من خزانات أرضية أرتيزية حيث تعلوها طبقات من التربة ضعيفة المسامية .

هـ — دراسات المياه الأرضية :

تعمل المباحث لتحديد مناسيب الماء الأرضى، وموضعه، ومداه، وتذبذباته، واتجاه حركة المياه، ومصدر هذه المياه، والمساحات التى تغذى هذه المياه وذلك بإنشاء ثقوب الملاحظة والبيزومترات مع تحليل قراءاتها . ويراعى أن تكون

الأزمنة اللازمة لقراءة عمق الميــــاه بهذه الثقوب والبيزومترات إما يومياً أو أسبوعياً أو شهرياً لمدة عام على الأقل وذلك للحصول على تسجيلات كاملة يمكن منها انعكاس جميع العوامل التي تؤثر على منسوب الماء الأرضي . ولابد من رسم خرائط لهذه البيانات وتحليلها وإلا فلا قيمة لها ويحسن قيد أي ملاحظات نافعة خصوصاً عند حدوث أي تغيير مفاجيء لهذه القراءات . والخرائط والرسومات الهامة لتحليل هذه البيانات هي :

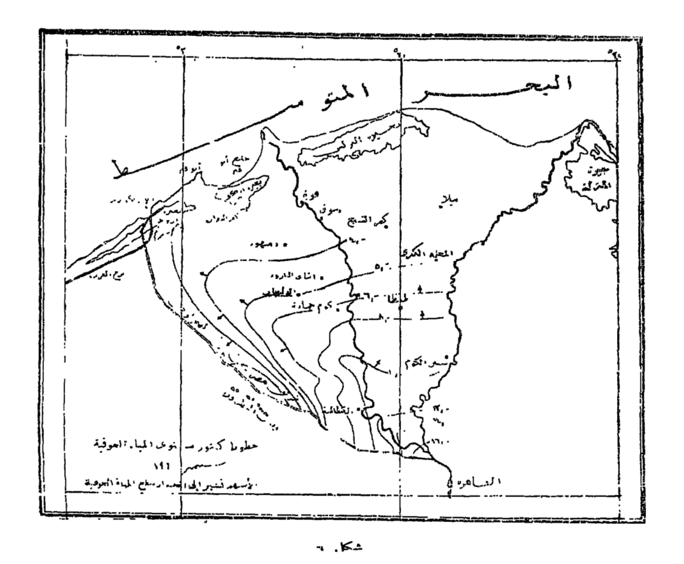
١ - خرائط مناسيب سطح الماء الأرضي :

ويوقع عليها جميع المواقع التي أخذ عندها منسوب سطح الماء الأرضي ثم تجهز خريطة كنتورية . ويراعى أخذ القراءات في أقصر وقت ممكن حيث أن قراءات يوم ما في موقع ما لا يمكن ربطها بقراءة أخذت بعد عدة أسابيع لمكان آخر . لذلك فإنه من الضروري تسجيل تاريخ الحصول على هذه البيانات . ويمكن من هذه الخرائط تحديد اتجاه حركة المياه من شكل وموضع خطوط الكنتور كما يبين على الخـــرائط مساحات الشحن (Recharge) ومساحات السحب (Discharge) ومعامل التوصيل الهيدروليكي والمسافات بين خطوط الكنتور وشكل (٦) يبين خريطة بها بعض البيانات المطلوبة .

٢ - خرائط العمق حتى منسوب الماء الارضي :

(Water—Table Isobath Maps)

وتجهز بوضع خريطة منسوب الماء الأرضي فوق خريطة طبوغرافية لنفس المساحة حيث تحدد المواقع التي تتقـاطع عندهـا خطوط الكنتور بالخريطة ين ويدون الفرق بين الكنتورين عند موقع تقاطعهما وباستعمال هذه القيم يمكن رسم خريطة كنتورية توضح العمق حتى المياه الارضية عند أي نقطة .


البحر المتوسط
القاهرة
المحلة الكبرى
طنطا
كوم حمادة
شبين الكوم
دمنهور
ايتاي البارود
خطوط كنتور مستوى المياه الجوفية
١٩٦١
الأسهم تشير الى اتجاه انحدار سطح المياه الجوفية

شكل ٦

وقد تجهز أيضا بتدوين عمق المياه تحت سطح الأرض عند مواقع أخذ هذه الأعماق ثم ترسم خريطة كنتورية من هذه القراءات .

٣ — خرائط العمق حتى الطبقة الصماء :

وتجهز كما فى - ٢ - إذا أمكن جمع بيانات كافية عن عمق الطبقة الصماء وتفيد هذه الخرائط كثيرا فى تحديد مواقع المصارف وحساب الاحتياجات المصرفية.

٤ — قطاعات او بروفيلات منسوب الماء الأرضى :
(Water – Table Profiles)

ويجهز كل قطاع بطول خط يشمل عدة ثقوب ملاحظة وذلك بتوقيع موقع وعمق ثقوب الملاحظة ومنسوب الماء الأرضى وتحديد أية مصادر مياه [ينابيع (Springs) أو قنوات أو برك (Ponds)] يمر بها القطاع .

ويفضل عمل القطاع عادة فى اتجاه الانحدار (Downslope) فى اتجاه حركة المياه الأرضيه لمختلف أوقات العام كل بلون معين على نفس القطاع وذلك حتى يمكن المقارنة بين تذبذب هذه المناسيب ويحسن أن يحتوى القطاع بيانات وافية عن أنواع التربة تحت السطح عند كل ثقب ملاحظة وكذلك منسوب الطبقة الصماء كلما أمكن ذلك .

٥ — قطاعات بيزومترية (Piesometric profiles) :

وفيها توقع قراءات عدة مجموعات من البيزومترات على قطاع يمر بهذه المجموعات ويدون منسوب المياه أو الضاغط عند كل بيزومتر عند نهاية الأنبوبة التى أخذت عندها القراءة وترسم خطوط تمر بالنقط ذات الضغط المتساوى لتكون خريطة كنتورية للضغط (Contour pressur map) بينما تكون الخطوط

العمودية على خطوط الضغط المتساوية شبكة سريان المياه (Flow network) وتوضح اتجاه حركة المياه وربما تبين مصدر المياه وتفيد هذه الطريقة فى توضيح موقع مصادر المياه الأرتيزية .

٦ — الهيدروجرافات :

ترسم مناسيب سطح المياه الأرضية مع الزمن لكل ثقب ملاحظة وبئر وبيزومتر فتبين تذبذب منسوب الماء الأرضى والاتجاهات العامة (Trends) لحركة منسوب المياه الأرضية . ويرجع للهيدروجرافات لحل بعض المشاكل الخاصة كما يمكن الحصول منها على بعض البيانات الإضافية لاستعمالها فى تحليل وتفسير بعض الظواهر .

رابعا — أنواع ثقوب الملاحظة (Observation holes) أو الرصد :

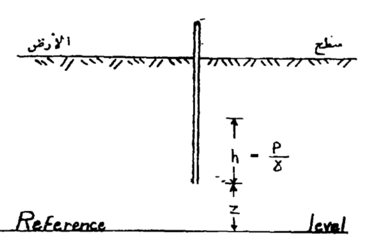
أ — حفرة البريمة أو الأوجر (Auger hole):

لتحديد وضع أو تذبذب أو ضغط الماء الأرضى يحفر بالتربة حفرة بالأوجر يتراوح قطرها ما بين ٢ — ٤ بوصة . ومن أجل فحص طبقات التربة تحت سطح الأرض تجمع عينات التربة اللازمة، كما يتم تحديد صفات الطبقات المختلفة وتحديد النفاذية ومعامل التوصيل الهيدروليكى، علاوة على تحديد منسوب الماء الأرضى وغير ذلك من البيانات والتحريات اللازمة. ويتحدد عمق الحفرة حسب الدراسة المطلوبة وبصفة عامة فيجب الوصول إلى عمق أكبر من ثلاثة أمتار على الأقل، كما أنه كلما زاد عدد الحفر كلما زادت البيانات والمعلومات مما يزيد من دقة تصميم شبكة الصرف (وعادة تعمل الحفر الغير عميقة بمعدل حفرة كل ٠ ٢ متر طولى أو كل ١٠ أفدنة ، كما تحفر العميقة بمعدل حفرة كل ٤٠ فدان وذلك فى الأراضى

المتجانسة كدلتا النيل) . وكثيراً ما يطلب تحديد مدى تذبذب ومصدر المياه الأرضية مما يتطلب عمل برنامج ملاحظة كامل خلال الموسم أو الفصل أو العام. وحينئذ لابد من تغطية قاع كل حفرة ببعض الواط ووضع ماسورة مخرمة فى جزئها السفلى، مناسبة القطر، داخل الحفرة مع حشو جدار الحفرة بين الماسورة والتربة بالواط أيضا وتمتد هذه الماسورة حوالى نصف متر أو أكثر فوق سطح الأرض . ويفضل إنشاء هذه الحفر بعيداً عن قنوات الرى وبعيداً عن طرق الجرارات الزراعية كما يجب تسجيل القراءات اللازمة لمناسيب المياه الأرضية قبل وبعد الرى وأثناء نمو المحاصيل الزراعية وشهرياً على الأقل فى المواسم الغير زراعية . ويمكن من هذه البيانات رسم خطوط الكنتور للمياه الأرضية ومناسيبها واتجاه حركتها كما يمكن ربط أى تغيير فى منسوب المياه الأرضية بالأمطار أو رشح الترع المجاورة ومياه الرى . ويمكن تجهيز حفر الأوجر آليا إذا ما زاد عددها أو إذا كانت طبقات التربة مندمجة (Compacted) أو مخلوطة بالرمل والواط أو إذا زاد العمق عن ثلاثة أمتار .

ب ـ البيزومترات (Piezometers) :

وهى مواسير من البلاستيك (أنظر شكل ٧) قطرها حوالى ٢سم مفتوحة من أعلى وأسفل وتدق فى الأرض إلى العمق المطلوب بعد عمل حفرة بالبريمة ثم وضعها ووضع زلط رفيع حولها، ويجرى إنشاؤها لمعرفة ما إذا كانت هناك مياه أرتيزية ذات ضغوط تؤثر على المنطقة ومدى تأثيرها على المياه الأرضية ، لذلك فإنها تستعمل بغرض تسجيل الحركة الرأسية للمياه فى حالة وجود مياه أرتيزية، حيث تغرس أنابيب غير مخرمة قطرها $\frac{1}{4}$ بوصة أو $\frac{3}{8}$ بوصة للأعماق القريبة حتى ٣,٠٠متر. وأسفلها ذو قطر من ١ - ٢ بوصة بعد تجهيز الحفر اللازمة بالبريمة ،



شكل ٧ : بيزومتر غرس فى الأرض لقياس الضاغط عند عمق معين

فى مجموعات من اثنين أو أكثر على بعد حوالى ٣٠سم، كل واحد من المجموعة حتى عمق معين (عادة ١,٠ ، ١,٥٠ ، ٢,٥٠ متر) ، حيث تصل نهاياتها إلى الطبقة التى تحوى المياه ذات الضغط المطلوب قياسه. وعادة يخرم الجزء الأسفل بطول ١٠سم، ثم يلف بقطعة من القماش النايلون لضمان عدم دخول الطمى من فتحاته ويحسن وضع الجزء الأسفل من ماسورة البيزومتر فوق كمية من الزلط بارتفاع ٢٠سم ويعطى البيزومتر الضاغط الهيدروليكى الكلى عند النقطة التى وصلت إليها نهاية الماسورة كالآتى (ولسهولة مقارنة قراءات أى مجموعة توضع النهايات العليا فى منسوب واحد) :

$$\phi = \frac{P}{\gamma} + z = h + z \qquad \ldots (2)$$

حيث :

ϕ : الضاغط الهيدروليكى الكلى (متر) ،

P : ضغط المياه عند نهاية ماسورة البيزومتر (طن / م^2) ،

γ : الوزن النوعى للمياه الأرضية (طن/م^3) و

P/γ : ارتفاع المياه فى البيزومتر (بالمتر) .

ويتأثر عادة سطح الماء داخل البيزومترات التى توضع على عمق ١ ، ١,٥ متر من سطح الأرض بالمياه الأرضية نتيجة مياه الرى وليس بالمياه الجوفية العميقة (الارتوازية عادة) بينما يتأثر منسوب المياه فى البيزومترات على عمق ٢,٥ متر أو أكثر نتيجة المياه العميقة (الارتوازية عادة) ولا يتغير بها مياه الرى .

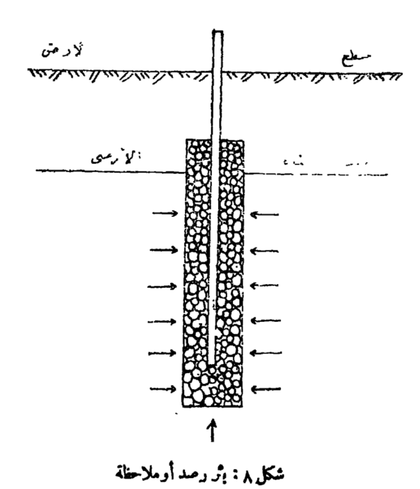
وتغرس البيزومترات فى التربة مع وضع مسمار أو سدادة بآخر كل منها، لمنع دخول الأتربة بها ، ويضغط كل منها باليد مع استعمال مطرقة خشبية ، وبعد وصول كل بيزومتر للعمق المطلوب يدخل سيخ لإخراج المسمار أو السدادة من نهايته ثم توضع أنبوبة من المطاط أو البلاستيك لحفر فجوة (تملأ بالرمل مؤخراً) بأسفل البيزومتر بمساعدة الماء تحت الضغط ويراعى عدم تسرب المياه بين حائط البيزومتر والتربة كما يغسل بتدفق الماء داخله حتى يُلبس معدل هبوط الماء به بعد ملئه .

وتستعمل قراءات البيزومترات لدراسة سريان المياه من قنوات ومجارى الميـــاه ولتحديد الرشح الرأسى لأعلى (Upward leakage) من الخزانات المحدودة (Confined aquifers) ، ومن أجل ذلك يوضع عدد ٢ بيزومتر أو أكثر لقياس الضاغط الهيدروستاتيكى فى التربة المشبعة أو عند عمق معين ويحظر استعمال البيزومتر لتحديد منسوب الماء الأرضى بتاتاً . كذلك يستفاد من البيزومترات فى أخذ أرصاد لمدد طويلة حيث تقدر قيمة الضغوط القصوى بواسطة المعادلة عاليه، ثم ترسم شبكة حركة المياه (Flownet) وبالتالى يمكن تعيين

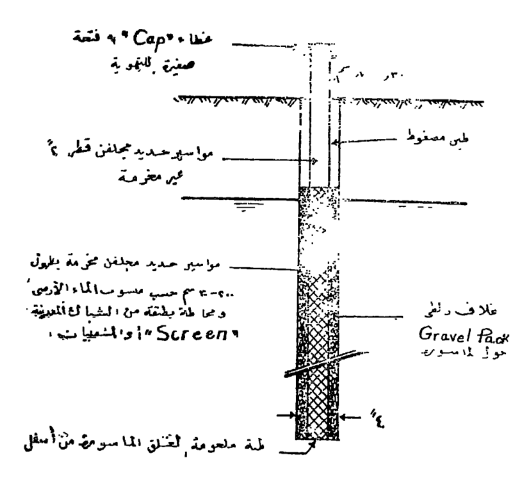
خطوط الضغوط المتساوية (Equipotential lines) ثم خطوط انسياب المياه (Stream lines)، برسم حركة المياه يمكن تحديد اتجاه المصارف الحقلية فى الاتجاهات العمودية على حركة سير المياه لضمان الحصول على أقصى تصرف لها .

هـ ـ آبار الرصد او الملاحظة (Observation wells) :

وهى إما غير مغلفة أو مغلفة بمواسير مخرمة (أنظر شكلى ٨ ، ٩) وتدق فى اتجاهين عموديين طولى وعرضى لمعرفة مناسيب أسطح المياه الأرضية ومعرفة حركتها وضغوطها البيزومترية المؤثرة على المنطقة ولتحديد منسوب سطح المياه



شكل ٨ : بئر رصد أو ملاحظة



نموذج لبئر لرصد المياه السطحية.

شكل ٩ : بئر لرصد الحركة الجانبية أو القطرية (Radial flow)
للمياه السطحية

الأرضية (Free water surface) . والآبار المغلفة عبارة عن مواسير مخرمة بطول ٢ متر من أسفل وعادة بقطر صغير (١/٤ ١ - ٤ بوصة)، تغرس أو تدق بطول ٢,٥٠ متر عادة بعد عمل حفرة بالبريمة، حيث يراد الحصول على البيانات اللازمة لفترات طويلة كما يمكن بها قياس معامل التوصيل الهيدروليكي أو النفاذية.

ويراعى وضع طبقة من الزلط حول هذه الآبار لضمان عدم انسدادها .

ويراعى فى اختيار الموقع استيفاء الأغراض المنشأ من أجلها البستر أو البيزومتر أو الحفرة وتوقيعه على خريطة كما يراعى قرب الموقع من المواصلات لسهولة تسجيل القراءات ويسر الملاحظة كما يجب أن تكون المواقع فى إتجاه موازى أو عمودى على انحدار سطح الأرض وفوق وأسفل أى تغيير فى طبوغرافية الأرض ويحسن أن تعمل المواقع مع بعضها شبكة (Grid System) متكاملة .

كما يفضل تغليف الحفرة (Casing) حسب الحاجة - إذا أريد استمرارها فترة طويلة - بمواسير مخرمة إما حديدية أو معدنية أو من الاسبستوس أو من النسيج المشبع بالبيتومين (Bituminous Impregnated Fiber) أو من البلاستيك . ويراعى صغر ثقوب حوائط المواسير بحيث تسمح بمرور المياه دون أن تسمح بمرور حبيبات التربة إلى داخل الحفرة وعادة يستعاض عن الثقوب بشقيات طولية (Slots) عرضها $\frac{1}{8}$ بوصة. وعادة تبرز هذه المواسير فوق سطح الأرض مسافة من ٣٠ إلى ٥٠ سم حيث تكون بلون مخالف للطبيعة حولها لسهولة تمييزها ورؤيتها ، كما تغطى بغطاء محكم به بعض الثقوب لاتصال الهواء بالداخل ، وكذلك يراعى عدم انسداد ثقوب الحوائط أو القاع ويمكن ملاحظة ذلك بسهولة إذا حادت قراءات التسجيلات عن المعتاد .

أنواع الصرف

قد يكون الصرف طبيعيا حيث تتسرب المياه الزائدة إلى الأعماق البعيدة تحت سطح الأرض حتى تصل إلى طبقات مسامية ترتكز على أخرى غير نفاذة. وتتحدد أنواع الصرف على أساس شروط مختلفة : منها مصدر المياه المطلوب إزالتها من فوق سطح الأرض أو تحت سطح الأرض؛ ومنها موعد بناء المصارف سواء مع تنفيذ مشروع استصلاح الأراضي أو بعده ويسمى فى الحالة الأخيرة (تنفيذ الصرف بعد مشروع استصلاح الأراضى) صرف مؤجل أو مؤخر (Deferred drainage) ، ومنها وظيفة المصارف كمصارف التخفيف أو التفريج (Relief drains)، والمصارف القاطعة (Interceptor drains) ووظيفتها التحكم فى مناسيب المياه الارضية . والمصارف المجمعة (Collector drains) ووظيفتها جمع مياه الصرف ومصارف المخرج أو المصب (Outlet drains) ووظيفتها الرئيسية نقل مياه الصرف إلى حيث تصب خارج المنطقة . والتحديد السائد هو كالآتى :

اولا — الصرف السطحى :

ويناسب الأراضى بطيئة المسامية جداً والأراضى حيث كميات كبيرة جدا من المياه تلزم للزراعة وغيرها . وتظهر أهميته القصوى إذا أريد إزالة المياه فوق سطح الأرض قبل تسربها إلى أعماق التربة لإزالة الأملاح بالطبقة العليا الملحية التى توجد فى بدء عمليات استصلاح الأراضى كما تظهر أهمية الصرف السطحى بالمناطق الرطبة حيث ينشأ من أجل عدة أغراض أهمها :

(١) جمع وصرف المياه السطحية الزائدة نتيجة مياه الأمطار أو الرى أو الفيضانات ،

(٢) منع اندفاع المياه من الأراضى العالية أو من مجارى المياه أو بسبب فعل المد والجزر وغمر الأراضى الواطئة أو المجاورة و

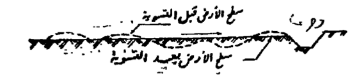
(٣) تجميع تسرب المياه من الأراضى العالية وقطع مسارها .

ومن أجل استيفاء هذه الأغراض فقد يكتفى بعمل واحد أو أكثر من الأعمال الآتية :

أ ـ تشكيل أو تحديد أو تسوية سطح الأرض

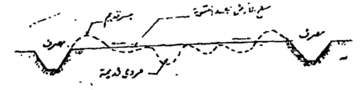
: (Land forming or grading or amcothing)

للتخلص من جميع المنخفضات أو الأخاديد أو الجسور أو الرءوس أو كل ما يمنع سرعة وانتظام تدفق المياه من الحقل إلى حيث تجمعها ثم إلى مصباتها وكذلك عمل انحدارات مناسبة كى تساعد على حركة المياه السطحية والشكل رقم ١٠ ، وكذلك الشكل رقم ١١ يبينان مثالين للتسوية الاول يشمل عمل انحدار فى اتجاه واحد :



شكل ١٠ : يبين طريقة لعمل التسوية فى اتجاه واحد

والثانى يبين عمل الانحدار فى اتجاهين .



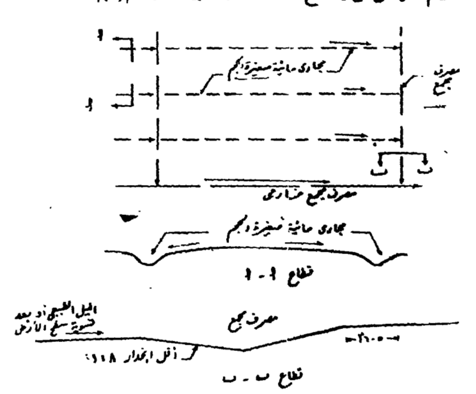
شكل ١١ : يبين طريقة لعمل التسوية فى اتجاهين

وقد استعمل هذا النوع من المصارف فى ولايات لويزيانا وجورجيا وفيرجينيا بالولايات المتحدة الأمريكية كما استعملت ببعض مزارع الاستصلاح بالجمهورية العربية المتحدة .

ب ـ تقسيم المساحة الى مهود (Bedding) :

وتتلخص فى عمل مجـــارى مائية صغيرة الحجم وأخرى مجمعة بانحدارات مناسبة وكثيرا ما تسمى عملية الخلجنة كما هو واضح بشكل ١٢ :

ويراعى عند عمل خطوط من أجل الزراعة أن تكون فى اتجاه ميل سطح الأرض التى غالبا ماتكون بطيئة المسامية لاتصلح للصرف المغطى. وهذه الطريقة تلائم الأراضى التى يتراوح انحدار سطحها ما بين صفر و ٠,٥٪ وذات النفاذية



شكل ١٢ : تقسيم مساحة ما إلى عدة مهود مع بيان قطاعات المجارى المائية للصرف.

البطيئة ويحدد عرض كل مهد (المسافة بين كل خليجين) العوامل الآتية :

١ . نوع المحاصيل الزراعية إذ يزداد عرض المهود فى المحاصيل عنها فى المراعى ،

٢ . انحدار الحقل فكلما زاد الانحدار كلما قل عرض المهد ،

٣ . مسامية التربة فكلما قلت مسامية التربة كلما قل عرض المهد و

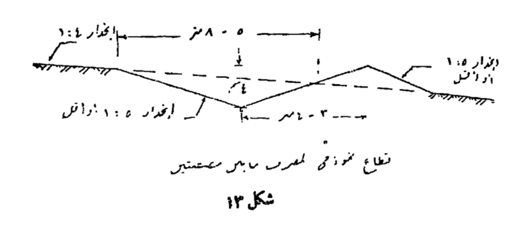
٤ . مدى صلاحية هذا النوع للعمليات الزراعية إذ قد يكون من الصعب عملية تشغيل وإدارة المزرعة مع استعمال الميكنة الحديثة العالية السرعة، مثال ذلك إذا وجد أن نهايات المهود تجف أسرع من الوسط .

وعرض المهد قد يقل إلى ٧ متر فى حالة الصرف السطحى البطىء جداً وقد يزيد إلى ١٥ متر فى حالة الصرف البطىء وإلى ٢٨ للصرف المتوسط .

وقد تستعمل هذه المهود فى كثير من الحالات مع التسوية المناسبة ومع بعض المصارف صغيرة الحجم. وفى العادة فإن طول المهد يزيد عن ٣٠٠,٠ متر إلا فى المراعى حيث قد يقل إلى ١٠٠,٠ متر فقط. كما أنه قد يصل فرق منسوب سطح الأرض وسط المهد وقاع المجارى المائية إلى ١٥ - ٤٥سم .

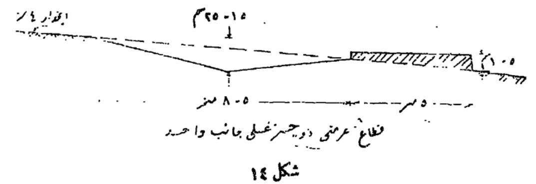
٥ — عمل مصاطب الصرف (Drainage terraces) :

تصلح هذه الطريقة لأنواع التربة غير العميقة التى تعلو طبقات غير مسامية وتحفر المجارى المائية (المصارف) على مسافات تتراوح بين ٥ و ٨ متر كما هو واضح بأشكال ١٣ ، ١٤ ، ١٥ . وبعمق يتراوح ما بين ١٥ إلى ٤٠ سم ويستخدم ناتج الحفر فى ملء المنخفضات بين المصاطب أو تكوين جسور بارتفاع بسيط يتراوح ما بين ٥ - ١٠ سم وبعرض كبير قد يصل إلى



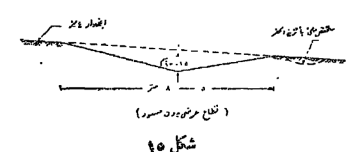
قطاع نموذجي لمصرف مابين مصطبتين

شكل ١٣



قطاع عرضي ذو جسر على جانب واحد

شكل ١٤



(قطاع عرضي بدون جسور)

شكل ١٥

أشكال ١٣ ، ١٤ ، ١٥ : بعض القطاعات المختلفة لمصارف بين المصاطب

٥ - ٨ متر . وقد تقل المسافة بين المصاطب إلى ٣٠ متر أو أقل إذا كان إنحدار سطح الأرض العرضي كبيراً من ٤ ./ ٪ إلى ٢٠ ./ ٪ وقد تزيد المسافة بينها إلى ٥٠,٠ متر إذا قل الانحدار إلى ٠,٥ ٪ أما الانحدار الطولي فيتراوح ما بين ٠,١ - ١,٠ ٪ حتى يلائم ظروف الحقل المختلفة .

ويجب اتخاذ عناية خاصة لتفادى الشقوق و والقنوات المغلقة النهايةالفجوات والتى تتجمع بها المياه السطحية . وهذا النوع من الصرف قد يلائم الميكنة الحديثة غير أن الميول الجانبية للمصارف قد تصل إلى ١٠ : ١ إذا زاد عمق المصارف عن ٦٠سم كما أنه قد تصل الميول الجانبية إلى ٤ : ١ إذا قل العمق عن ذلك وكثيرا ما يحل هذا النظام محل الصرف العادى ذو قنوات الصرف المختلفة الحجم فى المناطق ذات السطوح المنحدرة .

د — عمل مصارف مكشوفة أو مفتوحة :

وهى عبارة عن مجارى مائية ذات قاع وميول جانبية وقد تكون طبيعية كالأنهار فى مواسم التحاريق ومثل الخيران وقد تكون مجارى صناعية يقوم بإنشائها الأفراد والمؤسسات . والمصارف المفتوحة ذات أهمية خاصة فى المناطق الرطبة وإن كانت لا تحتل مكانة مرموقة فى المزارع الحديثة ـ حيث يلجأ دائماً فى العادة إلى المصارف المغطاة ـ غير أنه يلجأ اليها فى أحوال كثيرة كمصبات للمصارف المغطاة أو فى حالة ازدياد الصرف السطحى بنسبة كبيرة.

ثانيا : الصرف المغطى (Tile drainage) :

ويقصد به إزالة الفائض من المياه فى الطبقة العليا من التربة، علاوة على خفض منسوب المياه الأرضية، وضبط مناسيبها حسب الحاجة، وكذلك من أجل التوازن المائى والملحى . وقد يكون مصدر المياه المطلوب إزالتها التسرب بعد سقوط الأمطار أو بعد الرى ، أو التسرب من الترع والمجارى المائية والسطوح المائية ذات المنسوب المرتفع أو من خزانات مياه أرضية ذات ضغط ارتوازى . وينفذ الصرف المغطى بعمل مجارى أو أنابيب توضع فى باطن الأرض كى تستقبل

مياه الصرف من التربة عند وصلاتها حيث تحملها إلى أنابيب أكبر حجما وهذه بدورها تصب فى مصارف أكبر حجما وهكذا حتى المصارف العمومية .

ثالثا : الصرف الرأسى أو بالآبار

وفى هذه الحالة تصرف المياه السطحية أو المياه الجوفية من باطن الأرض ومن أعماق بعيدة أو قريبة بواسطة مواسير أو آبار تثبت أو تبنى رأسيا . وقد تركب عليها مضخات مما يسبب هبوط مستوى المياه الأرضية عالية المنسوب. كما أنه يلجأ إلى الآبار فى حالة وجود ضاغط هيدروستاتيكى لخزانات مياه أرضية، حيث التربة طبقات بطيئة النفاذية ويعلوها طبقات نفاذة مشبعة بالمياه، وحيث مصدر المياه ذو منسوب عال، وحينئذ فقد ترغم المياه الأرضية للحركة إلى أعلى تحت الضاغط الهيدروستاتيكى خلال الطبقة البطيئة النفاذية أو خلال بعض الكسور أو بالازاحة (Displacement) فى هذه الطبقة .

المشكلات المحددة لأنواع الصرف

إذا عرف مصدر المياه الزائدة المطلوب التخلص منها أصبح من السهل تحديد أنواع الصرف، وشدة مشاكله، وطرق علاج هذه المشاكل. ونعطى أمثلة لذلك كما يأتى :

١ - إذا كان سبب زيادة المياه هو المطر فإن حل المشكلة هو إنشاء مصارف سطحية، أما إذا كانت المشكلة هى زيادة فى مياه الرى فإن الحل هو زيادة الوعى لاستخدام الماء بصورة مناسبة بجانب إنشاء المصارف،

٢ - إذا كانت المشكلة هى زيادة الرشح فالحل هو تبطين قنوات ومجارى المياه،

٣ - إذا كانت المشكلة هى زيادة الضاغط الهيدروستاتيكى فالحل هو عمل آبار تخفيف أو آبار تفريج (Relief wells) ،

٤ - قد تكون المشكلة بسبب الغمر الوقتى لبعض الأراضى بسبب الفيضانات العاليه أو المتوسطة وأحيانا الواطئة فى بعض المساحات وقـــد تكون بسبب سريان المياه واندفاعها ، عند ارتفاع منسوبها بالأنهار والترع والمجارى المائية بصفة عامة ، وقد تكون بسبب المد والجزر فى المناطق قرب سواحل المحيطات والبحار والبحيرات ،

٥ - قد تكون المشكلة سببها غمر الأراضى الواطئة من المياه السطحية والتحت سطحية من المساحات المرتفعة والتلال المجاورة أو نتيجة الرشح منها ،

٦ - قد تكون المشكلة نتيجة تجمع كميات وافرة من المياه فى التربة لاسيما عند توقف الصرف الجوفى بسبب الرشح من الخزانات أو المجارى المائية أو لأى سبب آخر ،

٧ - قد يكون سبب المشكلة هو تجمع كميات كبيرة من المياه فى المنخفضات أو المناطق الواطئة كالبرك والمستنقعات ،

٨ - قد يكون سبب المشكلة بناء مستوى ماء أرضى لايلبث أن يرتفع إلى سطح الأرض مع استمرار الرى بكميات تزيد عن احتياجات النبات، نتيجة الإهمال فى استخدام مياه الرى ، أو نتيجة إضافة كميات كبيرة من المياه لمقابلة الاحتياجات الغسيلية للأراضى الملحية والقلوية ،

٩ - قد يكون السبب هو بناء مستوى ماء أرضى يرتفع بحالة مستمرة مع استمرار تسرب المياه من قنوات ومجارى المياه و

١٠ – قد يكون السبب هو بناء مستوى ماء أرضى نتيجة حركة المياه الارتوازية .

كيفية وصول الماء إلى المصارف

اولا : انواع المياه الأرضية

ا – تقسيم بريجز :

قسم ل. ج. بريجز (Briggs, L.J.) المياه إلى ثلاثة أقسام كالآتى :

١ – الماء الهيجروسكوبى (Hygroscopic water) : وهو الذى يغلف حبيبات التربة على شكل غشاء رقيق نتيجة امتصاص الماء من الهواء وهذه المياه أو الرطوبة لاتفقد بتجفيف التربة طبيعياً أى فى الهواء، ويمسكها حول الحبيبات قوى التصاق أو قوى جزيئية (Adhesion or molecular forces) تعادل من ٣١,٠ إلى ١٠,٠٠٠ ضغط جوى على السنتيمتر المربع . ولإزالتها من التربة يلزم تجفيف التربة فى فرن درجة حرارته من ١٠٥ – ١١٠°م لمدة ١٢ ساعة ويمكن حساب كميتها بتعريض التربة إلى جو مغلق رطوبته النسبية (Relative humidity) عند ٩٨,٢ ٪ حتى التوازن، ثم وزن التربة قبل وبعد تجفيفها فى الفرن كما سبق ذكره . وتتحرك هذه المياه فى التربة على هيئة بخار ماء ويتعذر للنبات الاستفادة به لشدة الجذب المتبادلة بينه وبين حبيبات التربة. ولا يتأثر هذا الغشاء المائى بقوى الخاصة الشعرية أو بقوى الجاذبية الأرضية وتزداد نسبة الماء الهيجروسكوبى بالتربة بازدياد السطح الخارجى لحبيباتها أى بزيادة نسبة الغرويات والمواد العضوية بها ، وتتراوح نسبة الماء الهيجروسكوبى فى الأرض الرملية الصفراء بين ١ – ٢ ٪ بينما يصل فى الأرض الطينية إلى ١٥ ٪ .

٢ ـ الماء الشعرى (Capillary water) :

وهو الذى يغلف حبيبات التربة بعد نهاية الرشح ويملأ جزءا من الفراغات البينية أى بين حبيبات التربة، ويمسك بقوى تعادل من ٠,١ إلى ٣١ ضغط جوى وهذه المياه لا يمكن إزالتها بواسطة الصرف إذ تقاوم قوى الجاذبية الأرضية ويمكن للماء الشعرى الحركة إلى جذور النباتات أو إلى الأجزاء الجافة من التربة وليست كل هذه الرطوبة يمكن للنبات الاستفادة منها ، ولكنها تساعد على سير العمليات الحيوية والكيميائية فى التربة وتعتمد كمية الماء الشعرى بالتربة على قوام التربة ، وبنائها ، وكمية المادة العضوية بها ، وعمق الماء الأرضى ، والأملاح بها ، ودرجة حرارتها . والتربة النموذجية هى التى تكون نسبة الفراغات بها مقسمة بالتساوى بين الفراغات الشعرية وغير الشعرية حتى تتوفر لهذه التربة التهوية الكافية والنفاذية المعقولة ، وحتى تتوفر للنبات احتياجاته المائية عن طريق ما هو ممسوك حول حبيبات التربة بقوى الشد السطحى (Surface tension) .

ويعتمد ارتفاع المياه الشعرية على حجم المسام كما يتأثر بالهواء المحبوس داخل مسام التربة ودرجة الحرارة ، التى مع زيادتها تزيد سرعة حركة الميـــاه نظراً لانخفاض اللزوجة . ويمكن للمياه الشعرية الحركة فى أى اتجاه ، لذلك فإن التروى الشعرية عامل هام لزيادة سرعة تخلل (Infiltration) الميـــاه فى الأراضى الجافة .

والجدولين الآتيين رقم (٢) ورقم (٣) يبينان مقادير الارتفاع الشعرى وكميات الماء الهيجروسكوبى والماء الشعرى لأنواع مختلفة من التربة.

نوع التربة	الارتفاع الشعرى (سم)
رمل حرش	٢ - ٥
« متوسط	١٢ - ٣٥
« ناعم	٣٥ - ١٠٠
طمى رملى	٧٠ - ٢٠٠
طمى	١٢٠ - ١٥٠
طين	١٥٠ - ١٠٠٠
تربة من تركستان Turkistanish soil	٢٥٠ - ٣٠٠
بودزول Podsol	٣٥ - ٤٠
أراضى البيت Peat	١٢٠ - ١٥٠
أراضى ملحية Saline soil أو ملاحية سبخة Salt marsh	١٢

جدول ٢ : الارتفاع الشعرى لأنواع أراضى مختلفة

نوع التربة	الماء الهيجروسكوبى (٪)	الماء الشعرى (٪)
رملية	١ - ٣	١٤
رملية طميية	٣ - ٥	١٤,٥
طميية (Loam)	٥	١٦ - ١٧
طينية طميية	٥ - ٧	١٨
طينية	٧ - ١٠	١٩

جدول ٣ : النسب المئوية بالوزن للماء الشعرى والماء الهيجروسكوبى لأنواع تربة مختلفة

٣ - المياه الحرة (Free or gravity or underground water) :

وهى التى تزيد عن السعة الشعرية وتسير بالجاذبية الأرضية وقوى الشد فى مسام التربة ويمكن التخلص منها بواسطة الصرف كما يمكن للنبات الاستفادة منها إذ تمسك بقوى أقل من ٠,١ ضغط جوى .

ب - تقسيم ليبيديف (Lebdev,A.F.) :

قسم ليديف المياه الأرضية سواء فى الطبقات الضحلة أو العميقة إلى الآتى :

١ - بخار الماء : ويملأ تماما جميع فجوات وفراغات التربة، وينتقل من المناطق ذات الضغط المرتفع إلى المناطق ذات الضغط المنخفض وقد يكون تكثف بخار الماء أحد أسباب تكوين المياه الأرضية فى الأعماق البعيدة .

٢ - المياه الهيجروسكوبية : وهى التى تتكثف على أسطح حبيبات التربة إذ عند تماس أسطح الحبيبات الجافة مع الهواء الرطب تمتص الحبيبات الرطوبة ويزيد الحجم الكلى للتربة حتى الوصول إلى الحد الأقصى الهيجروسكوبى (Maximum hygroscopy). وهناك نوعان من تكثف (Condensation) بخار الماء :-

أ - **التكثف الجزيئى** (Molecular) : ويظهر عند تلاحم أبخرة الماء لأسطح حبيبات التربة حيث تتكون المياه المدمصة (Adsorbed) وتعتمد شدة الادمصاص على الضغط النسبى (Relative pressure) لأبخرة الماء التى تملأ المسام . وكلما زاد الضغط النسبى زاد الادمصاص . والملاحظ أنه تحت قيم صغيرة للضغط النسبى لأبخرة المياه تتكون طبقة واحدة من جزيئات الماء المدمص بسبب الجذب الكهروستاتيكى (Electrostatic) للأيونات

بين أسطح حبيبات التربة وبين جزيئات الماء ذات القطبين وبعد حدوث هذا فقط يحدث الإدمصاص بطبقات أخرى من الماء ،

ii) **التكثف الحراوي (Thermal) لأبخرة الماء :** ويحدث عند وجود فرق في الحرارة بين التربة والجو أو بين أسطح حبيبات التربة المختلفة حيث تتكثف أبخرة الماء على شكل قطرات من الماء ، ومع ارتفاع درجة الحرارة فإن قطرات الماء تتحول إلى بخار .

ويحدث التكثف فى الصحارى ليلا عند بدء إشعاع كميات كبيرة جدا من حرارة التربة مسببة برودتها ومسببة خفض ضغط بخار الماء . ولذلك فإنه يحدث باستمرار أثناء الليل فى الصحارى سريان مستمر لبخار الماء من الجو إلى التربة أما أثناء النهار فهذه الأبخرة تتعمق فى طبقات التربة عند ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض والطبقات العليا منها . ويقول سرجييف (Sergeyev, E.M) أن عملية التكثف تحدث بشدة حتى عمق من ١٠ - ١٥ سم من سطح الأرض وقد تصل كميات المياه المتكثفة الى ٤ - ٨ مم مما يكفى وجود بعض النباتات .

٣ ـ الماء القشرى (Pellicular water) :

وتتكون على أسطح حبيبات التربة تحت تأثير القوى الجزيئية الالتصاق وهى قوى كهربية قد تزيد عن ١٠,٠٠٠ ضغط جوى ولكن مدى تأثيرها غير بعيد إذ يصل إلى حوالى بعض أعشار من الميكرون وبذلك تمسك هذه المياه بقوى الطرد المركزى عند عجلة قدرها ٧٠,٠٠٠ مرة عجلة الجاذبية الأرضية ،وهذه المياه قادرة على الحركة من الأغلفة السميكة إلى الأقل سمكا ولا تأثير لقوى الجاذبية الأرضية عليها كما أنها تتجمد عند - ١,٥°م وتعتمد هذه المياه على سعة أسطح الحبيبات المعدنية المسماة (Hydrophilous capacity) كما تعتمد على

السطح النوعى (Specific surface) لجسيمات المعادن و الغرويات وعلى تركيب المحاليل الأرضية (Soil solvents)

٤ — مياه الجاذبية الأرضية (Gravitational water) :

وهى المياه الحرة التى لا تخضع لتأثير الجذب تجاه أسطح الحبيبات ولكنها تتأثر بقوى أو بضغوط هيدروديناميكية ويمكن تقسيم مياه الجاذبية الأرضية من وجهة النظر الهيدروديناميكية البحتة إلى :

i — مياه جاذبية ذات سطح مفتوح (Gravity or vadose waters with an open surface) : وهى المسماة عادة بالمياه الحرة الأرضية (Phreatic waters) وسطح هذه المياه يسمى منسوب الماء الأرضى (Water table) وحركة هذه المياه من طبقات مياهها ذات مناسيب عالية إلى أخرى منسوبها منخفض ، والضغط عند سطح هذه المياه يساوى الضغط الجوى .

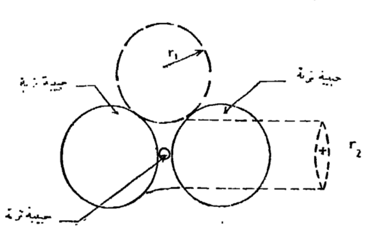
ii — مياه محدودة (Confied waters): وتتكون بخزانات أرضية محدودة أو محبوسة من أسفل ومن أعلا بطبقات ضعيفة المسامية فإذا اخترق بئر هذه المياه فإن سطح الماء يعلو إلى السطح البيزومترى وتتحرك هذه المياه من المساحات ذات الضاغط المرتفع إلى أخرى ذات ضاغط منخفض .

وكثيرا ما تسمى هذه المياه تحت عنوانى (i) (ii) باسم المياه الأرضية حيث أن قوانين حركة المياه الأرضية تعنى حركة هذين النوعين من المياه . وهذه المياه الشعرية تملأ جزءا أو كل الفراغات بين حبيبات التربة ولها أسطح مقعرة (Concave meniscs) أو أسطح محدبة (Convex meniscs) ولها ارتفاع شعرى سالب فى حالة المياه العلوية . والارتفاع الشعرى (Capillary rise) يحدث بسبب طاقة التأدرت (Hydration energy) للأيونات والجزيئات عند

السطح الفاصل بين الصورة الصلبة والسائلة، أى أن الخاصة الشعرية هى خاصية كهروكيماوية (Electrochemical) .

ويضع البعض المياه الشعرية تحت تقسيم مستقل ويقسمها إلى أنواع ثلاثة هى :

a) المياه المعلقة (Suspnded waters) : وهى لا تعتمد على منسوب الماء الأرضى وقد لا تتصل به وتتكون عند تراكم أعمدة الماء الصغيرة بالتربة حيث تختلف أنصاف أقطار التكور (Curvature radii of meniscusses) (أنظر شكل ١٦) وهذه المياه تحت تأثير ضغط مقداره يساوى الضغط الشعرى:



شكل ١٦ : مياه بين حبيبتى تربة تفصلها حبيبة تربة ثالثة .

$$\text{Capillary pressure} = \sigma\left(\frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2}\right) \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

حيث : σ : الشد السطحى = ٧٢،٨ داين و

r_1 ، r_2 : نصفى قطرى التكور لسطح المياه (أنظر الشكل) .

فإذا اختلفت أنصاف الأقطار اختلف الضغط وتحركت هذه المياه، وإذا زاد ارتفاع عمود الماء زاد وزن الماء مما يؤدى إلى تغير تكور أسطح المياه السفلى ومع زيادة

المياه يبدأ تكون نقط من المياه تنزل إلى منسوب الماء الأرضى . وهذه العملية تسمى **بالصرف الشعرى** (Capillary drainage) وتحدث كثيرا إذا علت تربة ناعمة أخرى خشنة .

b) مياه التقاطعات (Interstice waters or water cuffs) :

وتتكون فى أركان المسام تحت تأثير القوى عند أسطح المياه ومع زيادة المياه بالتربة حتى حجم معين تسيل المياه حول الحبيبات متوجهة إلى منسوب الماء الأرضى .

c) مياه الامتداد الشعرى (Capillary fringe water) :

وتحدث فوق منسوب الماء الأرضى مباشرة نتيجة للضغط الشعرى السالب للأسطح المقعرة، ونتيجة مقدرة طبقة ما من المياه الأرضية فوق منسوب الماء الأرضى على البقاء فى صورة الامتداد الشعرى تحت تأثير قوى المسك النوعى (Specific capillary retention) عند أسطح المياه . وهذه المياه ليست ثابتة ، وتختلف من درجة التشبع عند منسوب الماء الأرضى إلى المسك النوعى الجزيئى (Molecular specific retention) عند أعلى الامتداد الشعرى .

٥ — المياه فى الحالة الصلبة .

٦ — المياه الكريستالية (Crystalline water) :

ولعل لبديف يقصد بها المياه داخل الشباك البلورية للمعادن (Crystal structure of minerals) وهى جزء مكمل لها وتسمى المياه المتحدة أو الممتزجة كيماويا (Chemically combined) أى هى جزء من التكوين البلورى للطين السليكاتى وتنقسم إلى :

١ — مكونة (Constitution): وتوجد فى البلورة على هيئة أيونات هيدروجين

H^+ وهيدروكسيل OH^- وهذه متحدة بإحكام مع البلورة ويمكن إطلاق هذه المياه أو الإفراج عنها عند درجة حرارة ٣٠٠°م .

ii - تبلور (Crystallisation) و

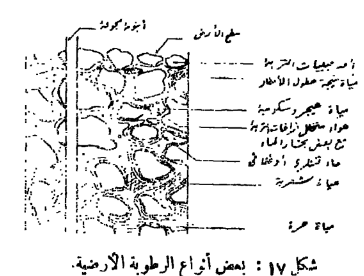
iii - زيوليت (Zeoitie) .

والنوعان الأخيران يوجدان على هيئة جزيئات من الماء H_2O يمكن إطلاقها عند درجات حرارة أقل . فالنوع الأخير يمكن إطلاقه عند درجة حرارة ٩٠°م كما يحدث في الصحاري ، وبعد إطلاقه تظل البلورة كما هي ولكنها تختلف في الخواص المعدنية .

٧ - المياه المقيدة كيماويا (Chemically bound water) .

ويمكن تلخيص تجمع المياه بمسام التربة كالآتي :

توجد المواد الغروية ... أسطح الحبيبات المعدنية بصورة أغلفة رقيقة تمتص أبخرة المياه متلاحمة معها كيماويا - فالجسيمات الغروية المحملة بشحنات كهربية والمسماة (Mycelium) تجمع أبخرة الماء حتى الحد الأقصى الهيجروسكوبي عندما يكف سريان حرارة التكثف ، ولكن الأغطية الغروية لها القدرة على إدمصاص مزيد من الرطوبة ، دون سريان أي حرارة ولذلك فإن حبيبات التربة الرطبة والمغلفة بالمياه الهيجروسكوبية بعد أن تطلق كل مالديها من حرارة التكثف تحصل على المياه المسماه بالماء القشري أو الغلافي ، ومع مزيد أكثر تتجمع المياه وتتراكم وتتلامس أسطحها المقعرة أو المحدبة حتى إذا امتلأت جميع المسام بالمياه والهواء تحصل على القدرة على الحركة تحت تأثير الجاذبية الأرضية (ماعدا المياه القشرية) وهي ماتسمى بالمياه الحرة . وحركة مثل هذه المياه في مسام تسمى رشح (Seepage) أحيانا . وشكل رقم (١٧) بين بعض أنواع هذه المياه.



شكل ١٧ : بعض أنواع الرطوبة الأرضية.

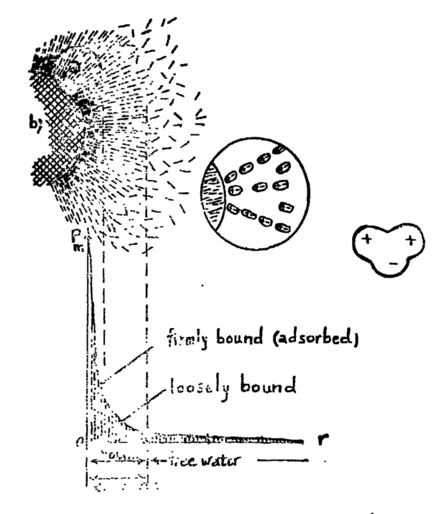
ثانيا : القوى المسببة لحركة المياه الأرضية فى التربة

١ ـ قوى كهروجزيئية (Electromolecular forces) :

نظرا لاختلاف ثابت العزل الكهربى[1] (Dielectric constant) للحبيبات الصلبة كثيرا عنه للمياه فإنه عند تماس حبيبات التربة الماء يتولد مجال كهربى ذو طاقة عالية عند سطح الحبيبات الصلبة مما يجذب المياه، والتى تتكون من جزيئات قطبية (Polar molecules) من أيونات هيدروجين موجبة الشحنة، وأيونات أكسيجين سالبة الشحنة فيحدث لها تقاطب (Polarization) وتوجيه (Orientation) فى هذا المجال الكهربى، وتعمل قوى الجذب على مسافات قصيرة من أسطح الحبيبات لاتزيد عن ٢٥ر٠ ـ ٥٠ر٠ ميكرون حيث تكون

---

(1) The dielectric constant of a substance is the ratio of a candenser's (two parallel plates) capacity (amount of charge that can be put on the plates for a given voltage) with the substance betwreen the plates to its capacity with a vaccum between them.



شكل١٨ : تأثير القوى الكهروجزيئية عند الفواصل بين الحبيبات الصلبة والمياه.

قيمة هذه القوى عالية قرب السطح (عشرات الآلاف من الكيلوجرامات/سم٢) وتتناقص بسرعة مع المسافة (أنظر شكل ١٨) .

وحبيبات الماء التى لايمكن فصلها بجهاز الطرد المركزى ـ مما يدل على مسكها بقوى تعادل عشرات الآلاف من قوة الجاذبية الارضية ـ تسمى حبيبات الماء الممسوكة بحزم (Firmly bound) ، وسمكها يعادل عشرات قليلة سمك الأغلفة الجزيئية (Molecular coats) . ويحيط هذه الحبيبات أو الطبقة الممسوكة بحزم من الماء

طبقة أخرى من المياه الممسوكة بقوى أقل أى بغير حزم (Loosely bound) وإن كان من الصعب الفصل بين الطبقتين ،

٢ ـ قوى كيميائية (Chemical forces) :

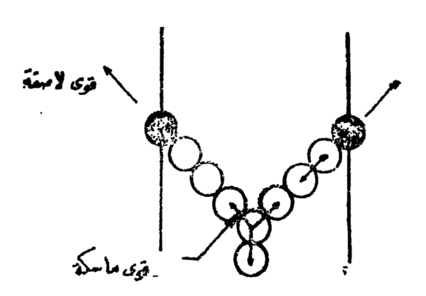
أو قوى ملحية (Salt forces) وهى نتيجة لوجود أملاح ذائبة بتركيز مختلف من مكان لآخر وما يسببه من ضغط أسموزى (Osmotic pressure) ،

٣ ـ قوى شعرية (Capillary forces) :

وهى قوى ناتجة من فعل الخاصة الشعرية . ولشرح هذا النوع من القوى يمكن تصور أنبوبة شعرية نتيجة تحلل أحد شعيرات جذور النبات الرأسية فى التربة حيث تتصل فى أسفلها بمستوى الماء الأرضى الذى يرتفع داخلها إلى ارتفاع معين فوق مستوى الماء الأرضى نتيجة وجود القوى الماسكة (Cohesion forces) التى تسبب تعلق حبيبات الماء بعضها ببعض ونتيجة وجود القوى اللاصقة (Adhesive forces) بينها وبين حبيبات التربة كما هو موضح بشكل ١٩ ،

٤ ـ قوى الضغط (Pressure forces) :

وتظهر أهميتها فى الحالتين حيث التربة غير مشبعة (Unsaturated) أى حيث التربة تحتوى على نسبة صغيرة من الماء وحيث التربة مشبعة (Saturated) أى فراغاتها مملوءة تماما بالمياه ، وذلك عندما يوجد فرق فى مناسيب المياه فى أماكن مختلفة بهـا يسمى الضاغط الفعال (Effective head) أو فرق فى الضواغط (Difference in heads) مما يؤدى إلى حركة المياه إلى حيث الضاغط أقل و



شكل ١٩ : يبين القوى اللاصقة والماسكة

٥ ـ قوى الجاذبية الأرضية (Gravity forces) :

وهى أهم القوى ولها أكبر الأثر والمفعول فى حركة المياه الأرضية لأسفل .

وهناك بعض أنواع القوى المختلفة تساهم فى حركة المياه فى التربة غير أنه من الممكن إهمالها فى كثير من الأحيان مثل قوى القصور (Inertia forces) وقوى الاحتكاك (Frictional forces) وقوى الجر اللزجة (Viscous drag forces) وغيرها .

ثالثا ـ حركة المياه فى التربة :

تتحرك المياه فى منحنيات انسيابية تسمى خطوط تدفق التيار (Stream line flow) حيث يعطى الماس عند أى نقطة من نقط هذه الخطوط اتجاه سرعة المياه ويمكن تمثيل مسارات المياه بشبكة من خطوط انسياب المياه بحيث يكون التصرف (Discharge) بين أى زوج منها متساويا . وتتكون منحنيات

اتجاه سير الحركة مع المنحنيات المتعامدة عليها المسماة منحنيات الجهد المتساوية أو الضغط البيزومترية المتساوية (Equipotential curves) - تكون ما يسمى بالشبكة المائية (Flow net) ، كما يعمل الإثنان معا مربعات منحنية (Curvelinear squares) بمعنى أن الزوايا عند تقاطعهم زوايا قائمة .

والمياه الأرضية لايمكن لها أن تترك التربة إلى المصرف أو إلى أى مجرى مائى إلا إذا زاد ضغطها عن الضغط الجوى حسب قانون التدفق الخارج (Outflow law) لريتشاردز (Richards, L.A. 1950) والذى يقول :
[تدفق المياه الخارجة من التربة يحدث فقط إذا زاد ضغط المياه الأرضية عن الضغط الجوى] :

" Outflow of free water from soil occurs only if the presure in the soil water exceeds atmsopheric pressure".

أ - قانون دارسى (Henry Darcy's law, 1856) :

ويحكم حركة المياه خلال الأراضى المشبعة بالمياه . فإذا فرضنا أن عينة ترابية ذات قطاع عرضى مساحته (A) وطوله (L) تتخللها المياه تحت فرق ضاغط ثابت يساوى $H = h_2 - h_1$ كما هو مبين فى الحالات الثلاث المبينة بأشكال ٢٠ ، ٢١ ، ٢٢ نجد أن :

$$Q = K.A.\frac{H}{L} \qquad \cdots (4)$$

حيث :

Q : كمية المياه المارة فى عينة التربة المشبعة فى وحدة الزمن ،

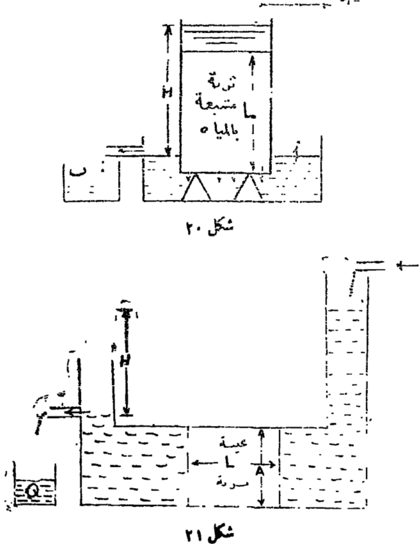
$H = h_2 - h_1$: الفرق بين منسوب المياه أعلى عينة التربة ومنسوبها بعد

خروجها من العينة كما هو موضح بأشكال ٢٠ ، ٢١ ، ٢٢ وقد يسمى هذا الفرق الضاغط البيزومترى ،

L : طول العينة ،

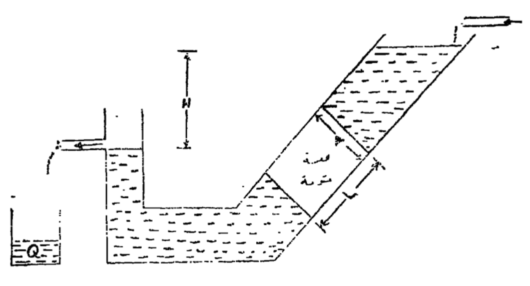
A : مساحة القطاع العرضى للعينة و

K : معامل التوصيل الهيدروليكى أو كما يسميه العلماء الروس كثيرا ، معامل المرور (Filteration coefficient) وهو يحدد مدى سهولة مرور المياه داخل قطاع التربة .



شكل ٢٠

شكل ٢١



شكل ٢٢

أشكال ٢٠ ، ٢١ ، ٢٢ : توضيح لقانون دارسى فى حالة ثلاثة اتجاهات لسريان المياه خلال عينة التربة .

وبقسمة طرفى المعادلة رقم (٤) على (A) :

$$\frac{Q}{A} = v = K \cdot \frac{H}{L} = K \cdot i \qquad \cdots(5)$$

والمقدار $\frac{Q}{A}$ يساوى السرعة (v) التى تتخلل بها قطاع التربة و تسمى السرعة المتوسطة أو الفعالة (Effective velocity) أو سرعة التشبع أو كما يدعوها العلماء الروس (Seepage velocity) . ولا يجب أن يخلط بينها وبين السرعة الحقيقية داخل مسام التربة . والمقدار $\left(\frac{H}{L}\right)$ هو الميل البيزومترى (Piezometric slope) أو ميل خط الضاغط الهيدروليكى . ويعبر عنه كثيرا بالحرف (i) .
وهكذا يمكن تعريف معامل التوصيل الهيدروليكى (K) بأنه سرعة المياه المتخللة

قطاع التربة المشبع بالمياه إذا ساوى الميل الهيدروليكي الوحدة .

وقانون دارسى صحيح التطبيق بين حدين الحد الادنى . ظهور أهمية القوى الجزيئية (Molecular forces) كما يحدث فى الأراضى الطينية والطينية الثقيلة حيث المياه مرتبطة جزيئيا (Moleculary bound) فإن سريان المياه يبدأ فقط بعد أن يتجاوز الميل الهيدروليكى مقدارا معينا (i_0) يسمى الميل الهيدروليكى المبدئى (Initial gradient) وبذلك يصبح قانون دارسى كالآتى :

$$v = K\ (i - i_0) \qquad \cdots(6)$$

وقد وجد أن (i_0) تصل قيمتها إلى حوالى ٢٠ - ٣٠ فى الأراضى الطينية .
والحد الاعلا عندما يقل رقم رينولدز (Reynold's number)عن أو يساوى مقدار ثابت كما يأتى :

$$R = \frac{e\,v\,d}{\eta} \leqslant 3 - 10 \qquad \cdots(7)$$

حيث :

R : رقم رينولدز (Reynold's number) ،

e : كثافة السائل (الماء) ،

v : سرعة السائل ،

d : قطار الانابيب التى يمر بها السائل باعتبار أن الفراغات بين حبيبات التربة على شكل أنابيب يتخللها الماء و

η : لزوجة السائل .

(وتساوى حسب هلمهلتز (Helmholtz) : $\eta = \dfrac{0.01778}{1 + 0.03337\,\theta + 0.000221\,\theta^2}$)

θ : درجة الحرارة .

فإذا أخذنا : $\frac{e}{\eta}$ المياه $= 0.018\ cm^2./sec.$

فإن : $v\,d \leqslant 0.054 - 0\,180$ كى يكون قانون دارسى صحيح التطبيق . أما خارج هذين الحدين (الأسفل والأعلا) فهناك قوانين أخرى لحركة المياه وأمثلة لذلك حركه المياه قرب الآبار أو بأنواع التربة خشنة أو كبيرة الحبيبات أو فى الشقوق والكسور بالتربة وبالصخور حيث تزداد السرعة ويصبح سريان المياه دوامى (Turblent) وليس طبق (Laminar) أو لزجى (Viscous).

ب – قانون شيزى (Shesy's Law) :

$$v = K\,i^{1/2} \qquad \cdots (8)$$

حيث :

v : سرعة المياه ،

k : معامل التوصيل الهيدروليكى و

i : الميل الهيدروليكى .

ويصلح لسريان المياه فى التربة الوطيئة والصخور ذات الكسور وبعض الحالات الأخرى مثل التربة حول الآبار مباشرة .

جـ – معادلة برونى (Prony's equation) :

$$i = a\,v + b\,v^2 \qquad \cdots (9)$$

وتصلح لأنواع التربة ذات معامل توصيل هيدروليكى غير متجانس ، حيث (a) ، (b) معاملات تعتمد على نوع حركة المياه ويمكن تحديدها عملياً .

د ـ معامل التوصيل الهيدروليكى :

وتظهر أهميته عند تصميم المصارف حيث يمكن تحديد قيمته لكل فدانين من أجل الدراسات التفصيلية لمصارف الحقل وعند دراسات رشح المياه من مجارى المياه (الترع وغيرها)

ويعتمد معامل التوصيل الهيدروليكى على عدة عوامل منها ما يتصل بالتربة ومنها ما يتصل بالسائل ، نذكر منها العوامل الآتية :

١ ـ بناء وقوام التربة وثباتها (Stability) ودرجة اندماجها لاسيما حجم المسام وتوزيعها . بل يختلف معامل التوصيل الجيد ولكن فى التربة الواحدة فى الاتجاهات المختلفة فى التربة الرسوبية يقل فى الاتجاه الرأسى عنه فى الاتجاه الأفقى، ويزداد الفارق بين المعاملين فى الاتجاهين كلما زاد العمق تحت ثقل التربة نفسها *

وقد أعطى كوزنى (Kozney) المعادلة :

$$K = \beta \, \frac{d^2}{\eta} \left(\frac{n^3}{(1-n)^2} \right) \qquad \cdots (10)$$

حيث :

d : القطر الفعال لحبيبات التربة وهو قطر فتحة المنخل الذى يمر منه ١٠٪ بالوزن فقط من حبيبات التربة ويحجز فوقه ٩٠٪ بالوزن ،

η : اللزوجة ،

n : المسامية (Porosity) و

β : معامل اعتبره كوزنى ثابتا بالنسبة للمياه واقترح زامارين (Zamarin, E.A.) المعادلة الآتية لإيجاده :

$$\beta = 8.4(1.275 - 1.5\,n)^2 \qquad \cdots (11)$$

(*) وكلما زاد معامل التوصيل الهيدروليكى فى الاتجاه الأفقى عنه فى الاتجاه الرأسى كلما تحسن توزيع مسارات المياه داخل التربة إلى المصارف .

٢ ـ وجود الشقوق والثقوب التى تعملها جذور النبات بالتربة والديدان والأحياء الدقيقة وانضغاط التربة بفعل الحيوانات أو الآلات الزراعية كذلك يتأثر معامل التوصيل الهيدروليكى على الخدمة التى تجرى بالحقل ' (Soil management)

٣ ـ التكوين المعدنى للتربة (Mineralogical makeup) فالتربة التى تحتوى على الطين المنتموريللونيتى (Montmorillonitic type) تتأثر طبيعيا تأثراً كبيرا بعد البلل والتجفيف عن التربة من الأنواع الأخرى نتيجة إدمصاص المياه خلال الطبقات المتمددة (Expanding structure of the montmo-rillonitic clay Particles) ويعتمد هذا التغير على التركيز الأيونى (Ionic concentration) ونوع الأيونات السائدة ، وموقف التربة من التبادل الأيونى (Exchange cation status) ، فتقل (K) مع زيادة كلوريد الصوديوم حتى حد معين ثم تزيد بنسبة أقل بعد ذلك مع استمرار زيادة كلوريد الصوديوم . بينما تزيد (K) مع زيادة الجبس فى حدود معينة ،

٤ ـ مدى انسداد المسام (Blocking of pores) بالهواء أو الغازات أو تحلل المواد العضوية علاوة على التلاحم أو التفاعل (Interacition) بين السائل وحبيبات التربة. ومدى انشغال المسام باثنين أو أكثر من الموائع فى وقت واحد. (Simultaneous yet complementary occupancy of pores by two or more fluids)

٥ ـ ... الحرارة (t) ويمكن استعمال معادلة (Poiseville) لإيجاد (K) كالآتى :

$$K = K_0(1 + 0.0337t + 0.000221t^2) \quad \cdots (12)$$

او معادلة هازن :

$$K = K_{10}(0.7 + 0.03\,t) \quad \cdots(13)$$

حيث :

K_0 ، K_{10} : قيمتى معامل التوصيل عند درجة حرارة صفر ، ١٠ مئوية ،

٦ - تتغير (K) مع السرعة وقد أثبت ذلك كثير من العلماء ومنهم :

Kroker ؟ Thiems ' King ' Newell ' Bose و

٧ - تتأثر (K) بالضغط الجوى فقد لوحظ بالآبار ارتفاع المياه بها عند انخفاض الضغط الجوى كما لوحظ انخفاض المياه بها عند ارتفاع الضغط الجوى. وأثبت زوكفسكى (Zjoukovsky) أن فقاعات الهواء التى قد تدخل مع مياه الأمطار تتمدد فى الطبقات الحاملة للمياه عند هبوط الضغط مسببة دفع المياه الأرضية للآبار وارتفاعها فى الآبار والعكس مع زيادة الضغط .

والعلاقة بين معامل التوصيل الهيدروليكى (K) ومعامل انفاذية (Permeability coefficient) أو السهولة التى تتحرك بها المياه داخل التربة هى كالآتى :

$$K = K' . \frac{e.g}{\eta} \quad \cdots(14)$$

حيث :

K : معامل التوصيل الهيدروليكى ،

K' : معامل النفاذية وهو صفة طبيعية للتربة ،

e : كثافة السائل المار بالتربة ،

g : عجلة الجاذبية الأرضية

η : لزوجة السائل المار بالتربة .

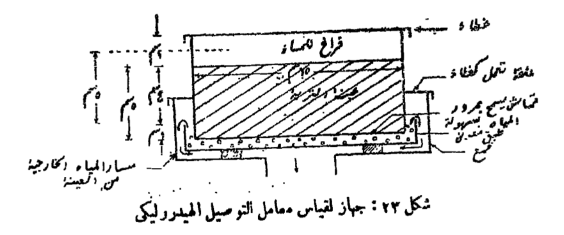
ولكل سائل معين فإن المقدار ($\frac{e \cdot g}{\eta}$) ثابت ، لذلك فإن معامل التوصيل الهيدروليكي يساوى مقدار ثابت × معامل النفاذية ومن هنا نجد أنه كثيرا مايعبر عن (K) فى قانون درامى بمعامل النفاذية .

هـ — قياس معامل الهيدروليكى :

هناك كثير من الطرق لقياس (K) نذكر بعضها مع ملاحظة استعمال مياه تماثل مياه الرى تماما ، ويحسن أن تكون خالية من المواد العالقة ، وذات درجة حرارة أعلى من درجة حرارة التربة ، ولها نفس المكونات الكيماوية لمياه الرى وكذلك مراعاة تلاشى أى تأثير للهواء المحبوس (Trapped air effect) ، وإلغاء أى تربة بها ثقوب أو قنوات شروخ كما يجب مراعاة عدم وجود أى نضح (Leackage) بين التربة والإناء .

١ — جهاز قياس النفاذية (Field core permeameter) :

وذلك باستحضار عينة بحالتها فى الحقل (Undisturbed) دون أن يحدث لها حركة عرضية (Lateral movement) أو تمدد (Expansion) أو انضغاط (Compression) داخل الجهاز المبين بالشكل :



شكل ٢٣ : جهاز لقياس معامل التوصيل الهيدروليكى

ويقاس الزمن (t) اللازم لهبوط أو تخلل المياه على سطح العينة مسافة الـ ٢ سم المبينة بالشكل بعد تشبع العينة بالمياه وتطبق المعادلة (٥) كالآتى :

$$V = K.i = \frac{2\ cm.}{t} = K.\frac{5\ cm.}{5\ cm.} = K$$

والخمسة سنتيمترات ببسط الكسر هى متوسط فرق الضاغط الهيدروليكى إذ يبلغ ستة سنتيمترات فى بداية التجربة ويقل تدريجيا بمرور المياه خلال عينة التربة حتى يصل إلى أربعة سنتمترات عند نهاية مرور الـ ٢ سم فوق سطح العينة من آخرها. أما الخمسة سنتيمترات بمقام الكسر فهى طول عينة التربة . فلوفرض أن عينة ما استغرق مرور المياه (الـ ٢ سم فوق سطح العينة) خلالها زمنا قدره خمسة دقائق فإن معامل التوصيل الهيدروليكى (K) يحسب كالآتى :

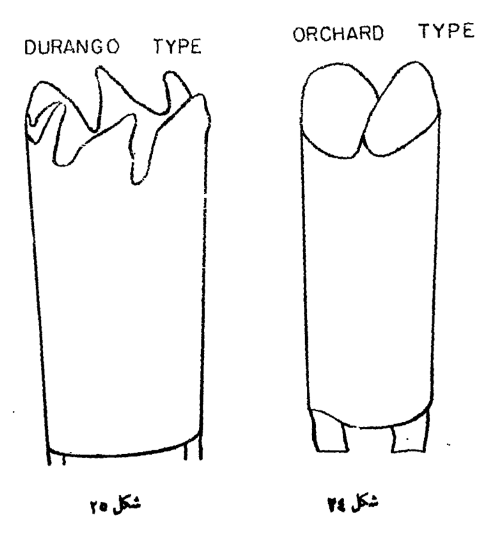
$$K = \frac{2\ cm.}{t} = \frac{2.0}{5} = 0.4\ cm./min.$$

$$= \frac{0.4 \times 60 \times 24}{100} = 5.76\ m./day.$$

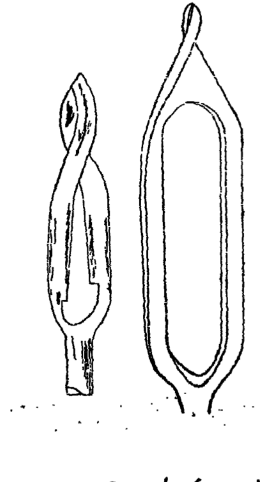
٢ — طريقة حفرة البريمة أو الاوجر (Auger hole method) :

وهى طريقة سهلة وعملية إذ يكفى حفر بئر بعمق (d) تحت منسوب الماء الأرضى بالبريمة أو الأوجر المبين بأشكال (٢٤ ، ٢٥ ، ٢٦ ، ٢٧) حسب نوع التربة وتصل (d) إلى حوالى ٢٠ - ٩٠ سم (المجال من الرمل إلى الطين) تحت منسوب المياه الأرضية إذا كانت التربة متجانسة أو إلى عمق من ٧ إلى ١٠ سم أعلا من نهاية سمك الطبقة المراد قياس (K) لها اذا كانت التربة غير متجانسة ويحدد (d) طبيعة وسمك وتوالى طبقات التربة والعمق المراد تحديد (K) عنده .

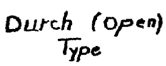
وعند وصول منسوب المياه داخل الحفرة إلى حالة الاتزان مع المياه الأرضية المحيطة بها يسجل منسوب الماء الأرضى ويفرغ جزء منها بواسطة طلمبة يدوية فترشح المياه من التربة إلى البئر ثانية ويسجل معدل ارتفاع المياه (Δh) (حوالى ١سم) داخل البئر فى وقت معين (Δt) كل خمسة ثوانى أو أكثر حتى تسترد الحفرة أكثر من ٣/٤ المياه السابق نزحها (خمسة قراءات على الأقل) ثم تطبق معادلة كركهام وفان بافل (Kirkham and Van Bavel, 1949) الآتية



شكل ٢٤ — شكل ٢٥







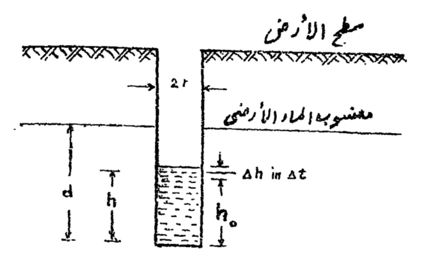
Ship or Helical
Type

شكل ٢٧

شكل ٢٦

أشكال ٢٤ ، ٢٥ ، ٢٦ ، ٢٧ : أنواع مختلفة من البريمة أو الأجر .

والصحيحة فى حالة وجود طبقة صماء عند قاع الحفرة وإلا يجب زيادة النسبة $\left(\frac{d}{r}\right)$ حتى تكون النتيجة مقربة لحد معقول :



شكل ٢٨ : طريقة حفرة البريمة أو الأوجر لتحديد معامل التوصيل الهيدروليكى .

ومعادلة كركهام وفان بافل هى :

$$K = \frac{\pi^2}{16} \frac{r}{s.d} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t} = 0.617 \frac{r}{s \cdot d} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad \cdots (15)$$

حيث :

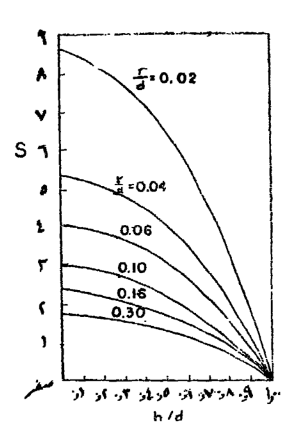
r : نصف قطر البئر الصغير أو الحفرة ،

d : عمق قاع الحفرة تحت منسوب الماء الأرضى ،

Δh : معدل الارتفاع المطلوب تسجيله لكل زمن قدره (Δt) ،

s : دالة ليس لها أبعاد يمكن الحصول عليها من المنحنيات بشكل (٢٩) بالاستعانة بالمقدارين $(\frac{r}{d})$ ، $(\frac{h}{d})$ حيث :

h : ارتفاع المستوى المتوسط للمياه فى الحفرة أثناء الزمن (Δt) أى أن



شكل ٢٩ : قيم (S) لاستعمالها فى المعادلة (١٥)

(h_0) تساوى ارتفاع المياه فوق قاع الحفرة قبل قياس (Δh) مضافا اليها $(\frac{\Delta h}{2})$ أو :

$$h = h_0 + \frac{\Delta h}{2} \qquad \cdots (16)$$

وتعطى هذه الطريقة قراءات خاطئة نسبيا فى الحالات الآتية :

١ ـ تحت الشروط الأرتيزية أى عندما تخترق الحفرة طبقة نفاذة تحمل مياه تحت ضغط يعلوها طبقة أخرى غير نفاذة ،

٢ ـ حين يوجد بعض عدسات من الرمال بين طبقات أقل مسامية مما يسبب هبوط المياه فوق العوامة التى تستعمل عادة لتسجيل قراءات (Δh) و

٣ ـ عندما يكون منسوب الماء الأرضى أعلى أو عند سطح الأرض .

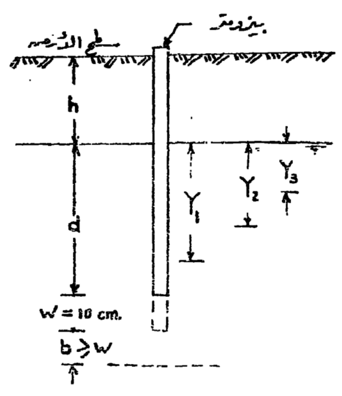
وقد يستحيل إجراء هذه الطريقة فى الأراضى الصخرية أو الزلطية الخشنة لاستحالة الحفر، لذلك قد تستعمل المواسير المخرمة لسند حوائط الحفر .

وفى حالة وجود طبقتين مختلفتى التوصيل الهيدروليكى يمكن قياس (K) فى الطبقة العليا بالطريقة التى ذكرت عاليه ثم تستعمل ماسورة مصمتة الجدار مفتوحة الطرفين حتى أعلا الطبقة السفلى لمنع تسرب المياه داخل الحفرة من الطبقة العليا .

وهناك كثير من الطرق الأخرى المشابهة لإيجاد (K) فى الاتجاه الرأسى مثل طريقة الضخ فى بئر ضحل (Shallow well pump-in test) وجهاز قياس النفاذية باستعمال حلقة معدنية (Ring Permeameter) وطرق أخرى مثل طريقة « د. خفاجى العدد الثانى من مجلة المهندسين فبراير ١٩٤٩ » وغيرها.

٣ ـ **طريقة البيزومتر** Piezometer method :

وتستعمل لقياس معامل التوصيل الهيدروليكى فى الاتجاه الأفقى لطبقات رقيقة من التربة تحت منسوب الماء الأرضى لايقل سمكها عن ٣٠ سم حتى يمكن تجهيز حفرة غير مكسوة (Uncased) بطول W = ١٠سم فى وسطها بعد حفر ثقب رأسى بالبريمة أو الاوجر (من النوع الومبركى Ship or Helical type) المبين بشكل (٢٦) حيث قطر الثقب حوالى بوصة واحدة يحاط بماسورة صماء الجدار كما هو موضح بشكل (٣٠) :



شكل ٣٠ : طريقة البيزومتر لإيجاد (K)

وتحسب (K) من المعادلة :

$$K = \frac{3600\,\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \ \ln\,(Y_1/Y_2)}{A\,(t_2 - t_1)} \ \text{in./hr.} \qquad (17)$$

حيث :

h : المسافة بين سطح الأرض ومستوى الماء الأرضي (بوصة) ،

D : القطر الداخلي للبيزومتر والحفرة (١ بوصة) ،

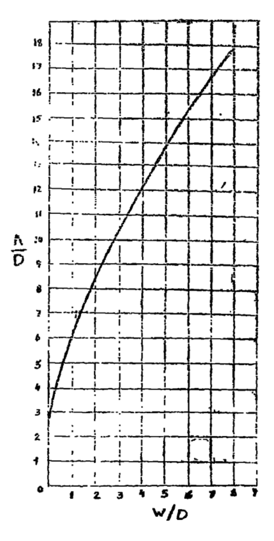
d : المسافة بالبوصة بين منسوب سطح المـــاء الأرضي وقاع البيزومتر (المسافة المكسوة) ،

W : طول الحفرة الغير مكسو (حوالى ٤") ،

d : العمق حتى التغير فى قوام التربة أى حتى الطبقة التالية (بوصة) ،

Y_1، Y_2، Y_3 : المسافات بالبوصة من سطح الماء الأرضى حتى منسوب المياه عند أزمنة t_1 ، t_2 ، t_3 و

$(t_2 - t_1)$: الزمن بالثانية لتغير منسوب المياه داخل البيزومتر من Y_1 إلى Y_2 ويمكن الحصول على (A) من المنحنى بشكل ٢١ بمعرفة $\frac{W}{D}$:



شكل ٢١ : A كدالة لـ (D) و (W) (لوثن وكركهام ١٩٤٩)

ولا يمكن استعمال هذه الطريقة فى التربة الحصوية أو الرملية الخشنة إذ أن سقوط أى كتلة صغيرة من الحصى قد يعطى نتائج خاطئة ، كذلك فى حالة صغر سمك الطبقة المراد قياس (K) لهـا عن ٣٠ سم . أما فى حالة انخفاض (K) فيجب إعادة التجربة أكثر من مرة، إذ قد تصل الفروق فى (K) إلى ١٠٠٪.
وغالباً تستعمل طريقة البيزومتر لإيجاد (K) للطبقات الطينية والطينية الطميية لاسيما ذات العمق البعيد (أكبر من ٤ متر) .

٤ — تحديد معامل التوصيل الهيدروليكى فى حالة حركة المياه خلال تربة غير مشبعة (K_ω) أو معامل التوصيل الشعرى

: (Capillary conductivity)

أ — من المعادلة :

$$K_\omega = \alpha \cdot K \qquad \cdots(18)$$

حيث :

K : هو معامل التوصيل الهيدروليكى للتربة مشبعة تماما ،

α : يمكن الحصول عليها من معادلة أفريانوف (Averyanov,A.F. 1956) :

$$\alpha = \overline{W}(3\overline{W}-2) - 2(1-\overline{W})^2 \ln(1-\overline{W})$$

$$= \overline{W}^{\beta} \qquad \cdots(19)$$

حيث :

$$\overline{W} = \frac{W - W_o}{n - W_o} \qquad \cdots(20)$$

وحيث :

n : مسامية التربة ،

W_0 : نسبة كمية الرطوبة المقيدة داخل مسام التربة بواسطة القوى الجزيئية و

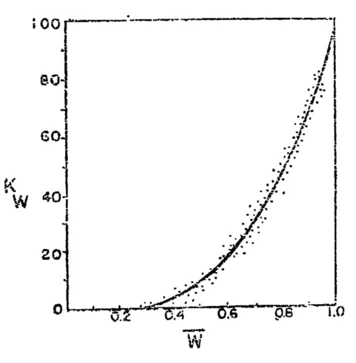
W : كمية الرطوبة الحقيقية .

وقد اعتبر أفريانوف أن β = ٣,٥ . فعلى سبيل المثال إذا كانت

n = ٠,٥ ، W = ٠,٤ ، W_0 = ٠,٢ فإن :

$$K_\omega = K \left(\frac{0\cdot 4 - 0\cdot 2}{0\cdot 5 - 0\cdot 2}\right)^{3\cdot 5} = 0\cdot 24\,K.$$

ii ـ من المنحنى بالشكل ٣٢ :



شكل ٣٢ : العلاقة بين K_ω ، $\overline{W}$.

حيث تحدد $\overline{W} = \dfrac{W - W_0}{n - W_0}$ ثم تحدد K_W من المنحنى.

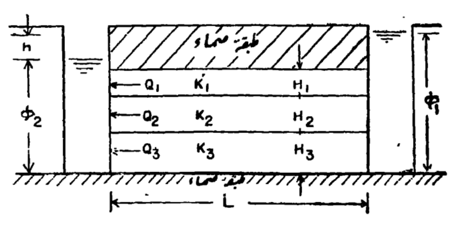
هـ ـ جهاز قياس معدل صعود الماء فى حفرة ويسمى احيانا (Infiltrometers) :

وهو فى أبسط صوره عبـــارة عن ساق معدنية تعمل كـقطب كـهربائى (Electrode) مقسمة إلى عدة أقسام متساوية (٢٥ - ٥٠ سم)، حيث يواجه كل قسم حلقة معدنية تعمل كقطب مقابل للساق. فعند وصول المياه فى الحفرة إلى إحدى تلك الحلقـات يسرى التيار فى دائرة كهربية موصلة بكل من القطبين، وتتم قراءة شدة التيار على الأميتر الموصل بالدائرة، ويرصد الوقت الذى بلغت المياه مستوى تلك الحلقة، وعندئذ تفتح الدائرة الكهربائية الخاصة بتلك الحلقة وتقفل دائرة الحلقة التالية التى تعلوها استعدادا لرصد قراءات الأميتر من حلقة إلى أخرى، وهكذا يحسب معدل صعود المياه فى الحفرة وبالتالى تحسب النفاذية ومعامل التوصيل الهيدروليكى .

و ـ التوصيل الهيدروليكى المركب الأفقى (K_{CH})

: (Composite Horizontal Hydraulic Conductivity)

لنفرض تربة مكونة من ثلاث طبقات كما هو موضح بشكل ٢٣ ، لهـــا معاملات توصيل هيدروليكى K_1 ، K_2 ، K_3 وسمكها (H_1)، (H_2)، (H_3)



شكل ٢٣ : حركة المياه أفقيا فى تربة ذات ثلاث طبقات.

والطول الأفقى لها (L)، والفرق فى الضاغط الهيدروليكى عبر هذا الطول هو (h)
ولنفرض أيضا أن التصرف المار من الطبقات الثلاث هو على الترتيب (Q_1)،
(Q_2)، (Q_3) فى كل ثانية وللوحدة العرضية (عمودى على مستوى الورقة بالرسم).
وبتطبيق قانون دارسى (المعادلة رقم ٤) نجد أن :

$$\left.\begin{aligned} Q_1 &= K_1 \cdot \frac{h}{L} \cdot H_1 \times 1 \\ Q_2 &= K_2 \cdot \frac{h}{L} \cdot H_2 \times 1 \\ Q_3 &= K_3 \cdot \frac{h}{L} \cdot H_3 \times 1 \end{aligned}\right\} \quad \cdots(21)$$

وبجمع المعادلات الثلاثة :

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \frac{h}{L} \left(K_1H_1 + K_2H_2 + K_3H_3\right)$$

$$= K_{CH} \cdot \frac{h}{L} \left(H_1 + H_2 + H_3\right) \times 1 \qquad \cdots(22)$$

حيث :

المار أفقيا من الثلاث طبقات فى الثانية و

الهيدروليكى المركب الأفقى .

إيجاد (K_{CH}) كالآتى

$$K_{CH} = \frac{K_1H_1 + K_2H_2 + K_3H_3}{H_1 + H_2 + H_3}$$

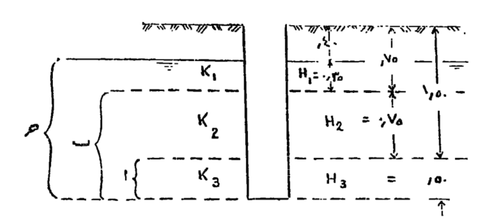
وصيل الهيدروليكى المركب الأفقى المتوسط الوزنى

يكى لطبقات التربة الثلاثة .

مثال : قيس معامل التوصيل الهيدروليكى للطبقات السطحية من حفر اختبار ذات عمق ٢ متر فوجد كالآتى :

	عمق المياه الأرضية عن قاع الحفرة	معامل التوصيل الهيدروليكى (متر / يوم)			عدد مرات القياس
		الأقل	الأكبر	المتوسط	
(ا)	أقل من ٠,٥٠ متر	٠,٠٠٣	١,٤٠	٠,٠٢٥ (K_3)	٢١
(ب)	٠,٥٠ - ١,٢٥ متر	٠,٠٠٢	٠,٩٠	٠,٠٦٠ $(K_{2,3})$	٩٧
(جـ)	أكبر من ١,٢٥ متر	٠,٠١	٠,١٦	٠,٥٠ (K_{CH})	٣٢

جدول ٤ : قيم (K) لأعماق مختلفة من المياه الأرضية



شكل ٣٤ : حفرة بالأوجر فى تربة ذات ثلاثة طبقات

وبفرض أن سطح المياه للمجموعة ا على عمق ٤٠سم وللمجموعة ب على عمق ٧٥ سم وللمجموعة حـ على عمق ١,٥ متر تحت سطح الأرض (أنظر شكل ٣٤) ، فإنه يمكن حساب (K_2) للطبقة الوسطى كالآتى:

$$K_3 \cdot H_3 + K_2 \cdot H_2 = K_{2,3} (H_3 + H_2)$$

$$0.025 \times 0.5 + K_2 \times 0.75 = 0.060 (0.5 + 0.75)$$

$$K_2 = 0.083 \text{ m./day}$$

وكذلك يمكن حساب K_1 كالآتى :

$$K_3 K_3 + K_2 H_2 + K_1 H_1 = K_{CH} (H_3 + H_2 + H_1)$$

$$0.025 \times 0.5 + 0.083 \times 0.75 + K_1 \times 0.35 = 0.5 (0.5 + 0.75 + 0.35)$$

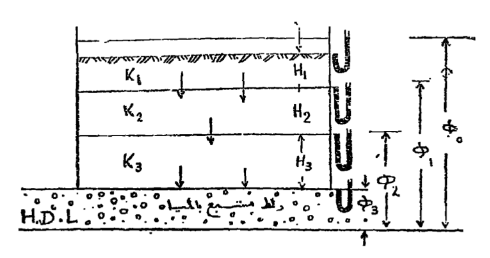
$$K = 2.07 \text{ m./day}$$

أى أن معامل التوصيل الهيدروليكى للطبقة المحصورة بين ٤٠ سم ، ٧٥ سم من سطح الأرض تقدر حسابيا بمقدار ٢,٠٧ متر/يوم.

ز ـ معامل التوصيل الهيدروليكى المركب الرأسى

: (Composite Vertical Hydraulic Conductivity)

لنفرض أن كمية المياه المتسربة رأسيا هى (Q) للوحـــدة المساحية خلال الثلاث طبقات ذات معـاملات التوصيل الهيدروليـكى (K_1) ، (K_2) ، (K_3) وسمك (H_1) ، (H_2) ، (H_3) وأن الضاغط الهيدروليكى عند السطح العلوى الطبقة العليا هو (ϕ_0) وعند قاعها هو (ϕ_1) وعند قاع الثانية هو (ϕ_2) وعند قاع الثالثة (θ_3) كما هو موضح بالشكل ٣٥ :



شكل ٣٥ : حركة المياه رأسيا فى تربة ذات ثلاث طبقات

من قانون دارسى نجد أن :

$$\left.\begin{aligned} Q &= K_1 \frac{\phi_0 - \phi_1}{H_1} \times 1 \\ &= K_2 \frac{\phi_1 - \phi_2}{H_2} \times 1 \\ &= K_3 \frac{\phi_2 - \phi_3}{H_3} \times 1 \end{aligned}\right\} \quad \cdots (24)$$

ويمكن ترتيب المعادلات (٢٤) كالآتى:

$$\left.\begin{aligned} \frac{QH_1}{K_1} &= \phi_0 - \phi_1 \\ \frac{QH_2}{K_2} &= \phi_1 - \phi_2 \\ \frac{QH_3}{K_3} &= \phi_2 - \phi_3 \end{aligned}\right\} \cdots (25)$$

وبالجمع فإن

$$Q\left(\frac{H_1}{K_1} + \frac{H_2}{K_2} + \frac{H_3}{K_3}\right) = \phi_0 - \phi_3$$

ومنها

$$Q = \frac{\phi_0 - \phi_3}{\frac{H_1}{K_1} + \frac{H_2}{K_2} + \frac{H_3}{K_3}} \qquad \cdot\cdot (26)$$

ولكن إذا افترضنا أن التربة متجانسة وذات معامل توصيل هيدروليكى مركب رأسى K_{CV} فإن :

$$Q = K_{CV} \cdot \frac{\phi_0 - \phi_3}{H_1 + H_2 + H_3} \times 1 \qquad (27)$$

وبتساوى المعادلتين ٢٦ ، ٢٧ فإن

$$K_{CV} = \frac{H_1 + H_2 + H_3}{\frac{H_1}{K_1} + \frac{H_2}{K_2} + \frac{H_3}{K_3}} \qquad (28)$$

ولاننسى أنه من أجل صلاحية المعادلة (٢٨) لابد أن تكون طبقات التربة مشبعة بالمياه .

وقد تصل قيمة معامل التوصيل الهيدروليكى الرأسى عدة أمتار فى اليوم الطبقات السطحية حتى عمق ٥٠ سم ، بينما قد تهبط إلى حوالى ٠,١٠ - ٠,٥ متر فى اليوم للطبقات الأعمق .

ويلاحظ أن معامل التوصيل الهيدروليكى الرأسى للطبقات العليا تقارب عادة قيم معامل التوصيل الهيدروليكى الأفقى ويرجع ذلك للتأثيرات الحيوية التى تسببها الديدان وجذور النبات والشقوق بالتربة . وقد وجد أن معامل التوصيل الهيدروليكى الرأسى لأراضى دلتا النيل يقل عن معامل التوصيل الهيدروليكى الأفقى وذلك بسبب نظام الترسيب للطبقات المختلفة للتربة .

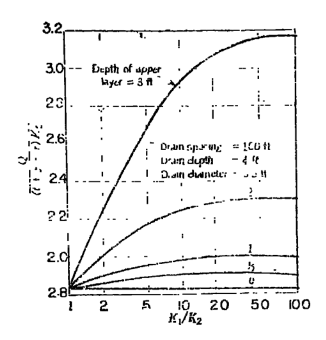
ح ـ تحديد الطبقات الصماء (Barrier Zones) :

يحدد مكتب الاستصلاح الأمريكى (Bureau of Reclamation) الطبقة الصماء بأنها الطبقة التى يقل معامل التوصيل الهيدروليكى لها إلى خمس ($\frac{1}{5}$) أو أقل من المتوسط الوزنى (Weighted-hydraulic conductivity) لمعاملات التوصيل الهيدروليكى للطبقات التى تعلوهـــا والذى يقصد به معامل التوصيل الهيدروليكى المركب الأفقى والسابق تحديده بالمعادلة (٢٣) .

ويعطى شكل ٣٦ التغير فى تصرف المصارف المغطاة كلما تغيرت نسبة معامل التوصيل الهيدروليكى للطبقة العليا من التربة (K_1) إلى معامل التوصيل الهيدروليكى للطبقة السفلى (K_2) من واحد إلى مائة .

أما إذا قلت النسبة ($\frac{K_1}{K_2}$) عن الواحد فإن منحنيات انسياب المياه فى الطبقة العليا تكون رأسية .

وقد وجد أن التصرف يتغير كالآتى إذا ردم فوق المصارف من مواد التربة الأكثر نفاذية :



شكل ٢٩ التصرف الداخل إلى المصارف المغطاة كلما تغيرت نسبة معامل التوصيل الهيدروليكى لطبقتى التربة

$$\frac{K_1}{K_2} = 1 \qquad Q = 100.0$$

$$\frac{K_1}{K_2} = 5 \qquad Q = 46.1$$

$$\frac{K_1}{K_2} = 10 \qquad Q = 42.2$$

$$\frac{K_1}{K_2} = 100 \qquad Q = 41.1$$

كما أن سريان المياه يقل جداً خلال الطبقة الأقل نفاذية، إذا زادت $(\frac{K_1}{K_2})$ عن خمسة ويتدفق الجزء الأعظم من المياه خلال الردم فوق المصرف مما يفسر قلة أو انعدام فعالية تعميق المصارف فى الطبقات قليلة النفاذية .

ط — بعض القيم لمعامل التوصيل الهيدروليكى :

K م / يوم	النسبة المئوية للسلت والطين	أنواع التربة	ملاحظات
١٦ - ٣٢	٩٠	Webster silty clay loam	Undisturbed
٣	٩٠	Marion " " "	
٠,٠٥ - ٢,٠٠	٨٠	Luton clay	
٠,٠٥ - ٠,١٥	٢٠	Zuider Zee very fine sand	
٠,٠٢	٢٥ - ٧١	سلت وطين	Disturbed
٠,٠٧	٦ - ٢٨	رمل ناعم جدا وناعم	
١٣,٠٠	١ - ١١	رمل ناعم ومتوسط	
٨٢,٠٠	صفر - ٨	رمل خرش	
٦٠٠,٠٠	صفر - ٦	زلط	

جدول ٥ : قيم (K) لأنواع تربة مختلفة

والجدول الآتى مقتبس من أحد المراجع الأمريكية :

Material	K m·/day
Clays	< 0·001
Loams	0·01
Sandy loam	0·1 – 0·5
Sands with clay	0·5 – 1·0
Fine sands	1 – 5
Medium grained sands	5 – 15
Coarse sands	15 – 50
Sands with pepple	50 – 100
Pebble	100 – 200

جدول ٦ ـ ا : قيم (K) لمواد مختلفة

بينما يعطى مرجع آخر الجدل الآتى :

Soil	K cm/sec.
Clay	0.000001 and smaller
Silt	0.0005 – 0.00001
Silty Sand	0.002 – 0.0001
Fine sand	0.05 – 0.005
Sand (mixture)	0.01 – 0.005
Clean coarse sand	1.0 – 0.01
Clean gravel	1.0 and greater

جدول ٦ ـ ب : قيم (K) لمواد مختلفة

والجدول الآتى مقتبس من أحد المراجع الروسية:

Designation of soil	K (cm./sec.)
Peat, old sphagnum	0·0002 – 0·0001
Peat, young sphagnum	0·002 – 0·0002
Peat, moderately decomposed	0·0008 – 0·0002
Peat, little decomposed	0·006 – 0·002
Salt marsh	0·001 – 0·0001
Non-carbonated loess	0·00005 – 0·00001
Carbonated loess	0·0005 – 0·0001
Saline clay	0·000001 – 0·0000003
Clay	0.0005 – 0·000005
Carbonated loam	0.001 – 0·00005
Sandy loam	0·005 – 0·003
Clayey sand	0.01 – 0·005
Clean sand	1·0 – 0·01

جدول ٧ : قيم (K) لأنواع تربة مختلفة

والجدول الآتى يعطى بعض K لبعض أنواع التربة فى ج ع م.

المكان	عمق حفرة الأوجر (متر)	K (cm./hr.)
مزرعة كلية الزراعة بأبيس	١,٤٨	٢,١٢
	١٫٥٠	١,٤٥
بلبيس	من ١٫٢٥ - ٢٫٠٠	٠٫١٣ - ٠٫٤٢
	من صفر - ١٫٢٥	٠٫٢٩ - ٠٫٤٦
سنديون بجوار بئر قلما	١٫٢٠	٠٫٢٧
	٠٫٢١	٠٫١٦
شبين القناطر	من ١٫٢٥ - ٢٫٠٠	٠٫٣٣ - ٠,٦٣
	من صفر - ١٫٢٥	٠٫٠٨ - ١٫٦٦
كفر خضر بجوار مركز المصرف الرئيسى	١٫٠٩	٠٫٢١ - ٠,١٣
كفر خضر بجوار مركز	١٫٠٠	٢٫٣٦ - ١,٥٧
كوم حماد	من صفر - ١,٢٥	١٫٨٠ - ٢٫٧٠
شونى	من ٢,٠٢ - ١٫١٨	٠,٥٤ - ٠٫١٣
فرهاش		٢٣٫٩ - ١٫٦
جنوب الدلتا		٠٫٤٨ - ٠٫٠٧
كفر الدوار		٠٫٤٦ - ٠٫٠٢
محطة تجارب الاصلاح	٠٫٥٠	٢,٠٨ م٠* = ٢١ قراءة
	من ٠٫٥٠ - ١٫٠٠	٠٫٢٥ م٠ ٩٧ «
	١٫٠٠	٠٫٠٨ م٠ ٢٢ «

جدول ٨ : بعض قيم (K) بأراضى ج٠ع م٠

* م٠ : متوسط.

ويقسم نيل درجات النفاذية والتوصيل الهيدروليكى كما هو موضح بالجدول التـــالى :

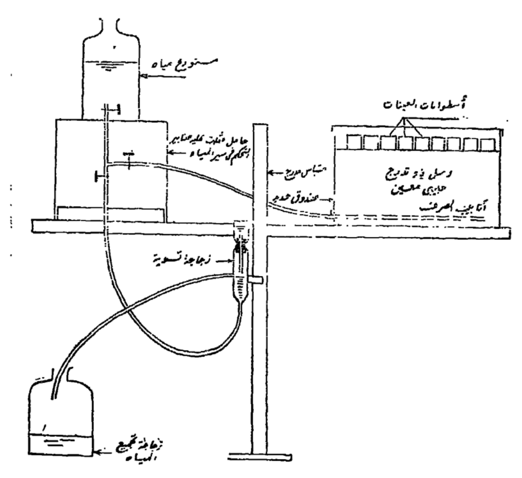
Class	cm / hr
very slow	≤ 0·125
slow	0·125 — 0·5
moderately slow	0·5 — 2·0
moderate	2·0 — 6·25
moderately rapid	6·25 — 12·5
rapid	21·5 — 25
very rapid	> 25

Table 9 : Permeability classes for saturated subsoils and the corresponding ranges of hydraulic cond and permeability, (O, Neal 1952, page 212 methods of soil analysis Part 1).

ى ــ قياس المسامية الصرفية (Drainable Porosity) :

تؤخذ عينات من التربة بحالتها فى الطبيعة (Undisturbed) ويؤخذ حجم معين منها فى حالة تشبع ١٠٠ ٪ ثم يعرض لشد (Tension) مقداره ٧٠ سم حيث تتخلص التربة من المياه الحرة أسرع مما لو تركت التربة تصرف ماءها تحت تأثير الجـــاذبية الأرضية مما يستغرق وقتا قد يطول إلى ١٥ يوم . وبقسمة حجم المياه التى تم صرفها تحت الشد سابق الذكر على حجم

التربة تنتج قيمة المسامية الصرفية . وتستعمل وزارة الرى المصرية جهاز الصندوق الرملى (Sand box) لتحديد المسامية الصرفية لعدد كبير من العينات فى وقت واحد . وهو عبارة عن صندوق يحتوى على رمال ذات تدرج حبيبى معين حيث توضع فوقها أسطوانات العينات المجهزة بحالتها من الطبيعة، ويغطى الصندوق بغطاء محكم يتخلل الرمال عدة أنابيب للصرف تعرض للشد المطلوب (٧٠ سم) كما هو موضح بشكل (٣٧).



شكل ٣٧ : جهاز الصندوق الرملى المستخدم فى تحديد المسامية الصرفية.

ك ـ معادلة لابلاس (Laplace's equation) :

وتستعمل لحل مشاكل رشح المياه الأرضية والصرف حيث تدفق المياه ليس محدودا بخطوط مستقيمة (Not rectilinear) وهى مشتقة من قانون دارسى ومعادلة الاستمرار (Equation of continuity) التى تنص رياضيا على أن الكتلة لاتفنى ولا تستحدث :

$$-\left(\frac{\partial v_x}{\partial x}+\frac{\partial v_y}{\partial y}+\frac{\partial v_z}{\partial z}\right)=\frac{\partial \theta}{\partial t} \qquad \cdots(29)$$

حيث :

V_x ، V_y ، V_z : سرعة المياه المتدفقة فى الاتجاهات (x) ، (y) ، (z) فى وحدة الزمن خلال وحدة المساحة العمودية على الاتجاهات (x) (المحور السينى) ، (y) ، (z) و

θ (x ، y ، z ، t) : حجم المياه بوحدة الحجوم من التربة عند النقطة التى إحداثياتها (x ، y ، z) وعند زمن t .

وبافتراض أن θ تساوى مقدار ثابت كما فى حالة التربة المشبعة بالماء وذات مسامية ثابتة ولها معامل توصيل هيدروليكى ثابت فإن معادلة لابلاس تصبح :

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 h}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 h}{\partial z^2}=0 \qquad \cdots(30)$$

حيث :

h : الضاغط الهيدروليكى .

وفى حالة أخذ بعدين فقط (Two - dimensions) تصبح معادلة لابلاس كالآتى :

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0 \qquad \cdots (31)$$

ولها حل عام (General solution) هو كالآتى :

$$h = A \pm Bx \pm Cy \pm Dxy \pm \sum_{n=1}^{\infty} E_n \begin{matrix} \sinh \\ \text{or} \\ \cosh \end{matrix} \alpha_n \left(d \pm \begin{matrix} x \\ \text{or} \\ y \end{matrix} \right)$$

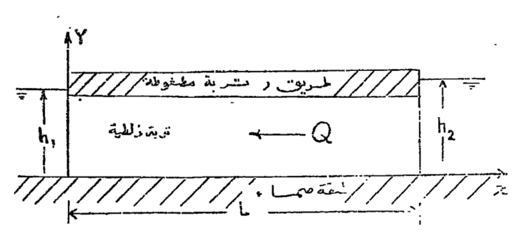
$$\begin{matrix} \sin \\ \text{or} \\ \cos \end{matrix} \alpha_n \left(c \pm \begin{matrix} y \\ \text{or} \\ x \end{matrix} \right) \qquad \cdots (32)$$

حيث :

A ، B ، C ، D ، E_n ، α_n ، d ، c : قيم ثابتة اختيارية (Arbitrary constants) يمكن تحديدها بمعرفة الشروط الحدودية (Boundary conditions) أو الشروط المبدئية (Initial conditions) للمسألة.

تطبيق :

يمثل شكل ٨ : طريق مرصوف أو تربة مضغوطة تعلو تربة زلطية فوق طبقة صماء . ويمكن تلخيص الشروط الحدودية (Boundary conditions)



شكل ٣/ : طريق يحده سطحى ماء مختلفى المنسوب

فى مثل هذه المسألة كالآتى :

(١) الضاغط $h_1 = h$ فى حالة $x = 0$

(٢) الضاغط $h_2 = h$ فى حالة $x = L$

وكمحاولة لحل المسألة نفرض أن الحل هو : $h = ax$

وعند $x = 0$ نجد أن الحل السابق لا يصلح لأنه يقول أن

$$h = A \times 0 = 0$$

بينما الضاغط يساوى h_1 لذلك نحاول الحل التالى :

$$h = Ax + B$$

وبتطبيق الشرط (١) : $h_1 = A \times 0 + B$

وبذلك يتحدد الثابت الاختيارى (B)

وبتطبيق الشرط (٢) : $h_2 = A \times L + h_1$

يمكن إيجاد $A = \frac{h_2 - h_1}{L}$

وبذلك يصبح حل المسألة الذى يوفى الشروط الحدودية المعطاة :

$$h = \left(\frac{h_2 - h_1}{L}\right) x + h_1$$

معامل الصرف أو مقنن الصرف

: (Discharge Factor or Drainage Duty or Coefficient)

اولا : تعـريف:

معامل الصرف أو مقنن الصرف هو العلاقة بين كمية الميـــاه التى يستقبلها المصرف وبين الزمام المركب عليه . وبألفاظ أخرى هو قدرة المصرف على

تصريف كمية المياه فى وحدة الزمن ويعبر عنه فى الولايات المتحدة الأمريكية بعدد الايكرز (Acres) (الإيكر يساوى ٤٠٤٧ م٢ أى أقل قليلا من الفدان ٤٢٠٠٫٨٣ م٢) التى تعطى تصرف مقداره قدم مكعب واحد فى الثانية نتيجة صرفها، كما يعبر عنه أيضا بعمق المياه التى يمكن صرفها فى فترة ٢٤ ساعة، فمثلا معامل صرف يساوى ٣/٨ بوصة يعنى أن نظام الصرف يسمح بإزالة عمق يساوى ٣/٨ بوصة من المياه على سطح التربة فى ٢٤ ساعة. وتتراوح قيمة معامل الصرف ١/٤ ، ٤ بوصة غير أنه يكون فى الغالب بين ٣/٨ ، ٢ بوصة . أما فى مصر فيعبر عن متبن الصرف بعدد الامتار المكعبة المطلوب إزالتها فى اليوم لكل فدان على المصرف . وهناك معامل مناظر لمعامل الصرف يسمى معاير الفائض أو معاير الجريان السطحى (Run - off modulus) وهو عبارة عن عمق المياه (بالبوصات) على سطح الأرض الذى لم يصرف والذى يجب إزالته بواسطة المصارف فى ٢٤ ساعة

وفائدة معامل الصرف واضحة وضرورية من أجل تصميم قطاعات المصارف المختلفة وكذلك الأعمال الصناعية المطلوب إنشاؤها على هذه المصارف علاوة على الطلبات اللازمة.

ثانيا : العوامل التى يتوقف عليها معامل الصرف :

يتوقف معامل الصرف على الآتى :

ا - نسبة معامل الصرف السطحى إلى معامل الصرف الباطنى وهذه تتوقف على الآتى :

١ - انحدار سطح الأرض وشكل السطح العلوى للتربة ،

٢ - مكونات التربة ومدى قابليتها للنحر أو الانجراف (Erosivity of soil)،

٣ - الترتيب الرأسى لطبقات التربة ونفاذية كل طبقة لاسيما الطبقة السطحية، فإذا كانت الطبقة السطحية طينيه بطيئة التوصيل الهيدروليكى ، فإن الصرف السطحى يكون أكبر من الصرف الباطنى بعكس الأراضى الرمليـة المستوية ،

٤ - كمية مياه الرى وكمية الأمطار فكلما زادت هذه الكميات كلما زاد معامل الصرف السطحى ، كما تعتمد النسبة بين معاملى الصرف على مواعيد وطرق ونظم الرى وفصول السنة ،

٥ - حالة الجو وتشمل : درجة حرارة التربة والمياه التى تؤثر على اللزوجة وبالتالى على التوصيل الهيدروليكى وتسرب المياه داخل التربة وحركتها ،

٦ - نوع النبات ومعدل استهلاكه للمياه فبعض النباتات كالأرز تحتاج إلى مياه وفيرة مما يؤدى إلى كبر معامل الصرف السطحى و

٧ - شكل ومساحة المنطقة المراد صرفها وحجمها، فكلما صغرت المساحة كلما زادت مقدرة التحكم فى ريها وصرفها .

ب - بعد أو عمق مستوى المـــاء الأرضى عن سطح الأرض والمسافة بين المصارف ،

حـ - حالة المصارف سواء مغطاة أو مكشوفة أو رأسية ،

د - الزمن اللازم للتخلص من المياه الزائدة ،

هـ وجود أى حواجز أرضيه صماء -كالحاجز جنوبى القاهرة - قرب المنطقة على بعد قريب من أى كتل مائية أو بحيرات أو من البحر أو المحيط و

و - عمق الطبقات الصماء أو الطبقات بطيئة النفاذية.

وقد يصل معامل الصرف فى الأراضى الملحية التى تحتاج إلى غسيل - إلى ٥٠ م٣/ فدان/ يوم بينما يصل عادة إلى ٢٠ - ٣٠ م٣ / فدان/يوم للمصارف صغيرة

الحجم، وإلى ٢٥ م٣ / فدان / يوم للمصارف الفرعية ، وإلى ١٥م٣ / فدان/يوم المصارف الرئيسية ، وإلى ٢٫٢ م٣ / فدان / يوم لطلمبات الصرف . وقد يؤخذ مساويا لـ ٢٠ - ٤٠ ٪ من المقنن المائى أو الاحتياجات المائية .

ثالثا : ايجاد كمية مياه الصرف :

تعتمد كية مياه الصرف على معامل الصرف الذى يساوى مجموع معامل الصرف السطحى ومعامل الصرف الباطنى، وكية المياه التى يتم صرفها كجزء من الاحتياجات الصرفية (Drainage requirement) ويمكن إيجادها بمعرفة الآتى :

ا - **الفاقد من مياه الرى** سواء كانت مياه رشح (Seepage) أو نتيجة سوء استعمال المياه أو غير ذلك ، ومياه الرى هى غالبا المورد الرئيس لمياه الصرف. ويشمل الفاقد من مياه الرى مصدرين رئيسيين هما :

ا - من الانهار والترع والمجارى المائية اثناء نقل المياه الى المزرعة :

ذلك عن طريق التسرب والرشح، وعادة يقدر بنسبة ٢٠-٣٠ ٪ من المياه الكلية وقد تزيد إلى ٦٤٪ كما ذكر تيل (Teele) فى دراسة له عام ١٩٠٧ . ويمكن حساب هذا الفاقد من معادلة موريتز (Moritz) :

$$S = 0.2\,C\,\sqrt{Q/V} \qquad \ldots [33]$$

حيث :

S : الفاقد بالقدم المكعب/ثانية لكل ميل طولى من الترعة أو المجرى المائى،

Q : تصرف المجرى المائى (قدم مكعب / ثانية) ،

V : السرعة المتوسطة للمياه بالمجرى المائى (قدم / ثانية) و

C : عمق الماء بالقدم الذى يفقد خلال المحيط المبلل للمجرى المائى فى زمن قدره ٢٤ ساعة وتقدر قيم (C) من الجدول الآتى .

نوع المـــادة	C قدم/يوم
تبطين بالخرسانة	٠,٣٢
تبطين بالبلاط مع الأسمنت أو طبقات صماء مع طمى رملى	٠,[illegible]
طين أو طين طمى	٠,٤١
طمى رملى	٠,٦٦
Volcanic ash	٠,٨
Volcanic ash with some sand	٠,٩٨
Sand and volcanic ash or clay	١,٠
أرض رملية مع بعض الصخور	١,٠
تربة رملية وزلطية	٢,٢٠

جدول ٥٫١٠ قيم (C) لأنواع مختلفة من المواد .

مثـال :

إذا كانت Q = [illegible] قدم مكعب / ثانية ،

V = ٢,٥ قدم / ثانية ،

C = ٠,٦٦ قدم / يوم (تربة طمية رملية) .

$$S = 0.2 \times 0.66 \sqrt{\frac{5}{2.5}} = 0.184 \text{ c.f.s./mile.}$$

وتتوقف قيمة كل فاقد على : كمية مياه الرى ، وطرق الرى ، والأعمال الصناعية المقامة ، فمثلا المساقى المبطنة تقلل من رشح المياه بقطاعاتها ، وكذلك الهدارات المقامة والتى تتحكم فى مياه الرى ، ومنسوبها أمام وخلف كل هدار تؤثر على كمية الفاقد ، أضف إلى ذلك تأثير مياه الرى على منسوب الماء الأرضى وتذبذبه خلال مواسم الرى ومن سنة إلى أخرى ،

٢ - الفاقد عند نهايات الترع من المياه التى لم يستعملها المزارعون و

٣ - الفاقد من الحقل أو المزرعة سواء أثناء الرى أو أثناء الفيضان، ويتغير حسب الموسم الزراعى سواء فى الشتاء أو فى الصيف وحسب نوع المحصول، فالفقد عال بالنسبة للبرسيم عنه بالنسبة للأذرة الشامية مثلا ، كما يتغير حسب قطاع التربة وسمك الطبقات وتعاقبها وقوام وبناء التربة وتوصيلها للمياه ، فحيث المسامية عالية يزيد الفاقد . وكذلك يتغير الفاقد حسب طبوغرافية سطح الأرض فمع زيادة انحدار سطح الأرض يقل الفاقد . ويمكن تقدير الفاقد من الحقل فى المساحات متوسطة النفاذية حيث معدل التخلل (Infiltration rate) يتراوح من ٢ إلى ١٠ سم / ساعة - بحوالى من ٢٠ إلى ٢٥ ٪ من مياه الرى التى تصل إلى الحقل على مدار السنة باعتبار أن الفاقد من ٣٠ - ٥٠ ٪ يفقد أثناء فصل وفرة المياه وهو غالبا فصل الشتاء وباعتبار أن الفاقد من ١٠ - ٢٠ ٪ يفقد أثناء موسم الجفاف . أما إذا زاد معدل التخلل عن ١٥ سم/ساعة فلابد حينئذ من تغيير طريقة الرى من الرى بالجاذبية (Gravity irrigation) - حيث يزيد الفاقد كثيراً جداً - باستعمال طريقة أخرى للرى مثل طريقة الرى بالرش (Sprinkler irrigation) مثلا حتى يقل الفاقد إلى حوالى ١٠ - ١٥ ٪ .

ب ـ الاحتياجات الغسيلية :

١ ـ معادلات التوازن المائى والملحى :

يمكن حساب الاحتياجات الغسيلية من معادلات التوازن المائى والملحى كالآتى :

معادلة التوازن المائى بمنطقة جذور النبات لحقل مروى هى :

$$I + R = E + P + \Delta V \qquad \cdots[34]$$

حيث :

I : كمية مياه الرى ،

R : كمية مياه الأمطار أو تساقط المياه (Precipitation) ،

E : كمية المياه المفقودة سواء بالبخر أو النتح أو كليهما معا (Evapotranspiration) وتساوى فى مصر ١ مم / يوم فى المتوسط للنباتات العادية وتزيد إلى ١,٥ مم / يوم للأرز ،

P : التسرب العميق (Percolation) تحت منطقة جذور النبات أو كمية المياه الشعرية و

ΔV : التغير فى كمية الرطوبة المخزونة فى التربة بمنطقة جذور النبات .

ولإيجاد معادلة التوازن الملحى بمنطقة جذور النبات يضرب كل حد من حدود المعادلة (٣٤) فى تركيز الأملاح له :

$$I \cdot C_I = P \cdot C_P + \Delta S \qquad \cdots[35]$$

وذلك بفرض أن تركيز الأملاح لمياه المطر ولمياه البخر والنتح يساوى صفر .

حيث :

C_I : تركيز (Concentration) الأملاح بمياه الرى ،

C_P : تركيز الاملاح بمياه التسرب العميق أى تحت منطقة جذور النبات و

$\triangle S$: التغير فى كمية الأملاح الذائبة بمنطقة جذور النبات قبل إضافة مياه الرى وتساقط المياه وبعدها .

وحيث أن كفاءه غسيل التربة (Efficiency of leaching) لا يمكن أن تساوى ١٠٠ ٪ بل هى أقل من ذلك ، فإنه إذا أخذنا الجزء الفعال من المياه التى تمر بمنطقة جذور النبات إلى حيث تتسرب تحتها وعبرنا عنه بالرمز (l) فإن الجزء من المياه الغير فعال يساوى $(1 - l)$ وبالتالى تكون العلاقة الآتية صحيحة :

$$C_P = l \cdot C_{S.M.} + (1 - l) C_I \qquad \ldots[36]$$

حيث :

$C_{S.M.}$: تركيز الأملاح فى الرطوبة الأرضية (Soil moisture) بمنطقة جذور النبات عند السعة الحقلية و

l : معامل كفاءة الغسيل (Leaching coefficient) ويعتمد على بناء وقوام التربة الذى يتضمن حجم وتوزيع المسام، كما يعتمد على نفاذية التربة وعمق منطقة الجذور ، ويمكن تقدير (l) من الجدول (١١) .

التربة	معامل كفاءة الغسيل (l)
رمل أو تربة منفردة الحبيبات ...	٠٫٨ - ٠٫٧
طمى أو رمال طميية	٠٫٦ - ٠٫٥
طين أو طين طمى	٠٫٤ - ٠٫٣
طين ثقيل	٠٫٣ - ٠٫٢

جدول ١١ : بعض القيم لمعامل كفاءة الغسيل (l) .

٢ ــ حساب كميات مياه الصرف لفترة زمينة طويلة :

لحساب التوازن المائى والملحى لفترة طويلة (عام مثلا) ، فإنه يمكن إهمال التغيرات فى الرطوبة المختزنة بالتربة فى منطقة جذور النبات ($\triangle V$) كما يمكن إهمال التغير فى كمية الأملاح الذائبة بمنطقة جذور النبات ($\triangle S$) كالآتى :

من المعادلة ٣٥ ، ٣٦ ومع عمل تجميع كل حد بالمعادلة :

$$\Sigma I \cdot C_{\bar{I}} = \Sigma P \left\{ l \cdot C_{\overline{S.M.}} + (1 - l) C_{\bar{I}} \right\} \quad \cdots(37)$$

حيث :

Σ : مجموع كميات المياه المذكورة بعدها ،

$C_{\bar{I}}$: المتوسط الوزنى (Weighted average) لتركيز الأملاح المذابة بمياه الرى على طول الفترة الزمنية ،

$C_{\overline{S.M.}}$: متوسط تركيز الأملاح المذابه بالرطوبة الأرضية فى منطقة جذور النبات و

ΣP : مجموع المياه المتسربة والتى تساوى مياه الصرف التى لابد لها أن تخترق منطقة جذور النبات كى يظل تركيز الأملاح بمتوسط قدره ($C_{\overline{S.M.}}$) على طول الفترة الزمنية ، والذى يجب ألا يزيد عن حد معين يتحدد بنوع النبات ومدى حساسيته للأملاح .

ومن المعادلة ٢٧ نجد أن :

$$\Sigma P = \frac{\Sigma I \cdot C_{\overline{I}}}{\{ l \cdot C_{\overline{S.M.}} + (1 - l) C_{\overline{I}} \}} \qquad \cdots [38]$$

وبالاستعانة بالمعادلة (٢٤) للتعويض عن قيمة (I) فإن :

$$\Sigma P = \frac{(\Sigma E + \Sigma P - \Sigma R) C_{\overline{I}}}{\{ l \cdot C_{\overline{S.M.}} + (1 - l) C_{\overline{I}} \}}$$

$$\Sigma P - \frac{\Sigma P}{\{ l \cdot C_{\overline{S.M.}} + (1 - l) C_{\overline{I}} \}} = \frac{\Sigma (E - R) C_{\overline{I}}}{\{ l \cdot C_{\overline{S.M.}} + (1 - l) C_{\overline{I}} \}}$$

$$\frac{\Sigma P \{ l \cdot C_{\overline{S.M.}} + (1 - l) C_{\overline{I}} \} - \Sigma P}{\{ l \cdot C_{\overline{S.M.}} + (1 - l) C_{\overline{I}} \}} = \frac{\Sigma (E - R) C_{\overline{I}}}{\{ l \cdot C_{\overline{S.M.}} + (1 - l) C_{\overline{I}} \}}$$

$$\Sigma P = \frac{\Sigma (E - R) C_{\overline{I}}}{(l . C_{\overline{S.M.}} - l \cdot C_{\overline{I}})} = \frac{\Sigma (E - R) C_{\overline{I}}}{l \, (C_{\overline{S.M.}} - C_{\overline{I}})} \qquad \cdots [39]$$

وإذا عبرنا عن تركيز الأملاح فى المياه الأرضية بمنطقة جذور النبات عن طريق التوصيل الكهربائى (Electrical conductivity) للمستخلص المشبع (Saturation extract) ورمزنا لها بالرمز (E.C.) وعلى فرض أن الرطوبة

عند تشبع التربة تساوى ضعف الرطوبة عند السعة الحقلية الأراضى متوسطة القوام ـ فإن المعادلة ٣٨ يمكن إعادة كتابتها كالآتى :

$$\Sigma P = \frac{\Sigma I C_{\bar{I}}}{\{2 \cdot l \; EC_{\overline{S.E.}} + (1 - l)\, EC_{\bar{I}}\}} \qquad [40]$$

وكذلك بالنسبة للمعادله (٣٩) تصبح :

$$\Sigma P = \frac{\Sigma (E - R)\; E C_{\bar{I}}}{l\,(2\, EC_{\overline{S.E.}} - EC_{\bar{I}})} \qquad [41]$$

ومن المعادلات ٤٠ ، ٤١ يمكن حساب كمية مياه الصرف التى تساوى مياه الرشح أو التسرب لفترات زمنية طويلة .

ولتقدير كمية مياه الرى أو الغسيل اللازمة لخفض الملوحة فإنه كقاعدة عامة تقريبية يمكن اعتبار أن ارتفاع قدم واحد من المياه كاف لخفض الملوحة لقدم واحد من التربة بمقدار ٨٠ ٪ فى حين أن ارتفاع ٢ قدم من المياه كاف لخفض ملوحة القدم العلوى بمقدار ٩٠ ٪ والقدم التالى بمقدار ٨٠ ٪ وهكذا ومثال ذلك لو فرض أن لدينا تربة مستخلصها المشبع له معامل توصيل كهربائى يساوى ٤٠ ملليموز / سم ويراد خفض الملوحة إلى حوالى ٨ ملليموز/سم لعمق ٣ قدم من التربة لذلك فالمطلوب هو ارتفاع حوالى ٣ قدم من الماء مما سينتج عنه خفض القدم الثالث السفلى إلى حوالى ٨ ملليموز / سم كما سينتج عنه خفض ملوحة القدمين العلويين إلى أقل من ٨ ملليموز / سم . أما إذا أريد خفض الملوحة فى القدم السفلى الثالث إلى ٤ ملليموز/سم فإن المياه المطلوبة للغسيل ستكون بارتفاع حوالى ٦ قدم .

٣ ـ حساب كمية مياه الصرف لموسم زراعي معين أو لفترة زمنية قصيرة :

لما كانت كميات مياه الصرف المحسوبة لفترات طويلة غير كافية فى العادة لتصميم مشروعات الصرف المختلفة ، فإنه يفضل أن يحسب التغير الموسمى أو الشهرى للاتزان الملحى ، وبالتالى تحسب أقصى الكميات للمياه المراد صرفها وذلك بدراسة العلاقة بين مياه الرى والأملاح ومياه الصرف لفترات شهرية أو موسمية . ويمكن حساب كميات الأملاح المختزنة بمنطقة جذور النبات آخر كل شهر أو كل موسم كالآتى :

$$S_2 = S_1 + \Delta S \qquad [42]$$

حيث :

S_2 : كمية الأملاح الذائبة بمنطقة جذور النبات عند نهاية الموسم أو الشهر ،

S_1 : كمية الأملاح الذائبة بمنطقة جذور النبات عند أول الموسم أو الشهر و

ΔS : التغير فى كمية الأملاح خلال الموسم أو الشهر سواء بالزيادة أو النقصان .

فإذا كانت :

$\bar{S}$: متوسط كمية الأملاح الذائبة بمنطقة جذور النبات خلال الموسم أو الشهر فإن :

$$\bar{S} = \frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{S_1 + (S_1 + \Delta S)}{2} \qquad [43]$$

$$= S_1 + \frac{\Delta S}{2}$$

وبفرض أن منطقة جذور النبات سمكها يساوى «T» وأن كمية المياه بها تعادل السعة الحقلية فإن :

$$\bar{S} = T.\ F.C.\ C_{\overline{S.M.}} \qquad [44]$$

أما معادلة التوزان للمياه الأرضية فهى :

$$P + S_p = D_n + D_r + \triangle W = D_t + \triangle W \qquad [45]$$

حيث :

P . التسرب العميق كما ذكر من قبل ،

S_p : المياه المتسربة أو الراشحة من مناطق عالية مجاورة بعيدة أو قريبة إلى الماء الأرضى ،

D_n : مياه الصرف الطبيعى (Natural drainage) ،

D_r : مياه الصرف الصناعى (Artifical drainage) ،

D_t : مجموع مياه الصرف و

$\triangle_W$: التغير فى الرطوبة المخزونة تحت منطقة جذور النبات .

وتحسب كميات مياه الصرف من المعادلة ٤٥ لكل شهر أو موسم وكذلك تحسب كميات الأملاح المذابة لكل شهر أو موسم من المعادلتين ٤٢ ، ٤٤ بحيث تظل قيمة (S_1) والتى بدىء بها أول الشهر أو الموسم كما هى بعد حساب قيمة (S_2) لباقى شهور السنة أو للفترات التالية مما يتطلب عدة محاولات لذلك .

ويلاحظ أن جميع المعادلات السابقة تفترض أن جميع الأملاح ذائبة فى الماء وهذا صحيح فقط للكلوريدات وأملاح الصوديوم والبوتاسيوم وكبريتات المغنسيوم إلا أنه غير صحيح بالنسبة لأملاح كربونات الكالسيوم والمغنسيوم

وكبريتات الكالسيوم . لذلك فإنه إذا وجد أى جزء من الأملاح القليلة الذوبان فى الماء يحسن إضافة تصحيح إلى الناتج من المعادلات السابقة .

ج ـ الشروط أو الحالات الهيدرولوجية :

وتعتمد على حالة الجو، وتأثير الحرارة على البخر والنتح، وعلى كميات تساقط المياه ومنها الأمطار وأثرها على الجريان السطحى، وعلى منسوب المياه الأرضية وتذبذبها على مدار الزمن، علاوة على مساحة وشكل وطبوغرافية المنطقة، ونوع النباتات المغطية لها . وكذلك تعتمد على مدى ارتفاع سطح الأرض عن مستوى الماء الأرضى، وعلى حالة المصارف الخصوصية والعامة.

رابعا : حساب مقنن الصرف :

١ ـ العلاقة بين مياه الرى أو المطر والبخر ومياه التخلل (Infiltration) أو التشرب والمياه المتبقية على سطح الأرض :

$$q = q_e + q_t + (q_f + q_r) \qquad \cdots [46]$$

حيث :

q_i : كمية مياه الرى أو الأمطار ،

q_e : كمية مياه البخر ،

q_t : كمية المياه المستنفذة بواسطة النبات (Evapotranspiration) وتساوى صفر فى حالة عدم وجود نباتات ،

q_f : كمية مياه التخلل أو التشرب (Infiltration) و

q_r : كمية المياه المتبقية على سطح الأرض (Residual) .

وقد أعطى ويروشى (Weyrouchi) نسبة المياه المتخللة تحت سطح الأرض إلى مياه الأمطار حسب نوع التربة كالآتى :

نوع التربة	نسبة المياه المتخللة إلى مياه الأمطـار
طينيـــة	٣٧,٩ ٪
طمييـــه	٤٠,٥ ٪
طمييه رملية	٥١,٢ ٪
رمليـــة	٨٣,٢ ٪

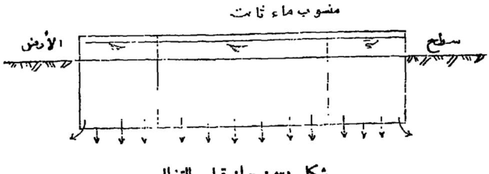
جدول ١٢ : نسبة المياه المتخللة تحت سطح الأرض إلى مياه الأمطار لأنواع مختلفة من التربة .

والمياه التي يجب التخلص منها بالصرف هو المقدار ($q_f + q_r$) وتحدد (q_f) بطريقتان الأولى بقياس معامل التخلل (F) (سم / ثانية) باستعمال جهاز التخلل (Infiltrometer) والثانية بواسطة تحليل منحنيات أو هيدروجرافات الجريان السطحى (Runoff hydrographs) الناتجـــة من سقوط الأمطار وتستعمل للمساحات الشاسعة .

(الهيدروجراف هو منحنى للتصرف أو لمنسوب المياه مع الزمن) .

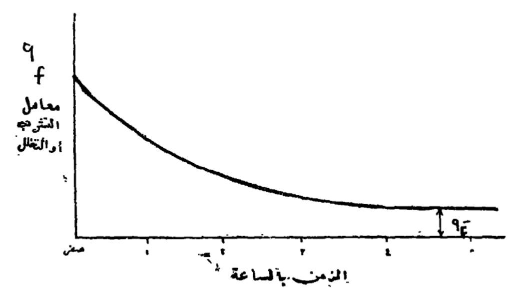
تحديد معامل التخلل بواسطة جهاز التخلل (Infiltrometer) :

يتكون الجهاز من أسطوانتين، لهما نفس المركز من معدن مناسب ويتراوح قطرهما ما بين ٢٠ - ٩٠سم وتوضعان بحيث يختفى جزء منهما تحت سطح الأرض كما هو واضح بشكل ٣٩ والأسطوانة الخارجية لتحديد التخلل فى الاتجاه الرأسى أسفل الأسطوانة الداخلية، ومع بداية الرى أوسقوط الأمطار نجد أن جميع المياه تتسرب إلى داخل التربة حتى تتشبع الطبقة العليا للتربة ، فتتوقف عن قبول كل



شكل ٣٩ : جهاز قياس التخلل

ما يصلها من مياه مكتفية بمقدار معين ثابت هو ($q_{\bar{F}}$) يقابل ما تفقده هذه الطبقة بالتسرب، ويعادل قدرة التربة على تشرب المياه ، أو على التخلل كما هو واضح بشكل ٤٠ . فإذا زادت مياه الرى أو الأمطار عن هذا المقدار مضافا إليه الفاقد بسبب البخر وما يستنفذه النبات بقى المقدار (q_{r}) على سطح الأرض ، والذى يتحتم التخلص منه قبل مضى زمن معين حسب نوع النبات، وإلا تسبب عنه ضرر بالغ



شكل ٤٠ : العلاقة بين معامل التخلل والزمن

المحصول. ويعتمد توزيع (q_f) من جانبي أى مجرى مائى ، ومقداره ، على : النسبة بين عمق المياه بالمجرى ، وعرض القطاع. فكلما قل عمق المياه ، أو قلت النسبة بين عمق المياه وعرض المجرى كلما انتظم توزيع سرعة تشرب المياه أو تخللها، كما أن التخلل يمكن اعتباره رأسيا وموزعا بالتساوى إذا صغر عمق المياه جداً بالنسبة إلى عرض المجرى ، وفى هذه الحالة فإن كمية التخلل من منطقة عرضها (B) وطولها متر واحد يصبح :

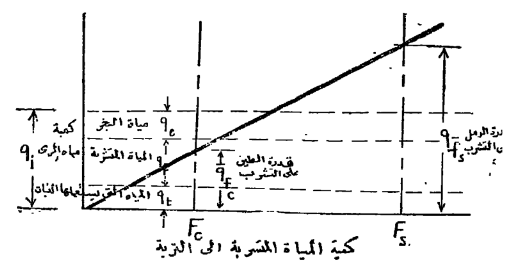
$$q_f = F \cdot B \qquad \cdots[47]$$

وبالتالى فإن كمية التسرب من هكتار واحد فى الثانية :

$$q_f = F \times 10^4 \quad m.^3/sec./hect.$$

$$= F \times 10^7 \quad Liter/sec./hect.$$

وهى أقصى كمية يمكن أن تتسرب إلى التربة المشبعة، أو الكمية المعادلة لقدرة



شكل ٤١ : العلاقة بين مياه الرى وكمية المياه المتسربة إلى التربة

التربة على تشرب المياه وهذه العلاقة عبارة عن خط مستقيم كما هو موضح بشكل ٤١ .

ب - حساب مقنن الصرف:

بفرض وجود تربة رملية معامل تشربها (Fs) وقدرتها على تشرب المياه ($q_{\bar{f}_s}$) وأخرى طينية معامل تشربها (Fc) وقدرتها على تشرب المياه هى ($q_{\bar{f}_c}$) وأن النبات المنزرع ومياه الرى وجميع الظروف متساوية لنوعى التربة . وعلى ذلك فإنه فى حالة التربة الرملية نجد أن المقدار ($q_i - q_e$) أصغر من $q_{\bar{f}_s}$ بمعنى أن الكمية ($q_i - q_e$) تتسرب كلها إلى داخل التربة ويكون مقنن أو معامل الصرف (D_s) كالآتى :

$$D_s = (q_i - q_e) - q_t \qquad \cdots[48]$$

أما فى حالة التربة الطينية فإن المقدار ($q_i - q_e$) أكبر من ($q_{\bar{f}_c}$) بمقدار المياه المتبقية على سطح التربة (q_r) ويكون مقنن أو معامل الصرف الباطنى (D_c) كالآتى :

$$D_c = (q_i - q_e) - q_t - q_r \qquad \cdots[49]$$

مثـــال :

تربة معامل تشربها F = ٢,٥ × ١٠^-٥ سم / ثانية ، وارتفاع المطر ١٥٠ مم بعد ٢٤ ساعة ، والبخر يساوى ٥ مم فى المدة المذكورة فإذا كان النبات المنزرع هو البطاطس والتى لاتعيش تحت الماء أكثر من ٤٨ ساعة . أحسب مقنن الصرف .

مياه المطر على الهكتار الواحد $= \frac{١٥٠}{١٠٠٠} \times ١٠^{٤}$ متر مكعب

$= \frac{١٥٠}{١٠٠٠} \times ١٠^{٤} \times ١٠^{٣} = ١٥٠ \times ١٠^{٤}$ لتر

= المياه التي يجب إزالتها قبل مضى ٤٨ ساعة

أي أن $q_i = \frac{١٥٠ \times ١٠^{٤}}{٤٨ \times ٦٠ \times ٦٠} = ٨,٧$ لتر/ثانية/هكتار

$q_e = \frac{٥ \times ١٠^{٤}}{٢٤ \times ٦٠ \times ٦٠} = ١,١٦$ لتر/ثانية/هكتار

$(q_i - q_e) = ٨,٨ - ١,١٦ = ٧,٥٤$ لتر/ثانية/هكتار

$q_f = F \times$ المساحة $= \frac{٢,٥ \times ١٠^{-٥}}{١٠٠} \times ١٠^{٤}$ م^{٣} . / ثانية/هكتار

$= ٢,٥ \times ١٠^{-٧} \times ١٠^{٤} \times ١٠^{٣} = ٢,٥$ لتر/ثانية/هكتار

أي أن $(q_i - q_e)$ أكبر من (q_f)

وبفرض أن (q_t) في مدة ٤٨ ساعة تساوى ٠,٢٤ لتر/ثانية/هكتار

لذلك فإن معامل الصرف الباطني :

$D_c = ٢,٥ - ٠,٢٤ = ٢,٢٦$ لتر/ثانية/هكتار

وبذلك يتخلف فوق سطح الأرض كمية مياه (q_r) يمكن إيجادها كالآتي :

$q_r = q_f - q_t - (q_i - q_e) = ٧,٥٤ - ٠,٢٤ - ٢,٥$

$= ٤,٨$ لتر/ثانية/هكتار

ومن أجل ذلك يجب التخلص من (q_r) بالصرف السطحى قبل مضى ٤٨ ساعة أو بزيادة قدرة التربة على تشرب المياه ميكانيكيا بواسطة الحرث العميق أو كيماويا بإضافة كميات من الجبس إليها .

مخرج مياه الصرف

بغض النظر عن نوع المصارف ـ لابد لمياه الصرف من مخرج يشترط كفايته لتلقى أكبر كمية متوقعة من مياه الصرف، كما يشترط أن يسمح عمقه بتدفق المياه إليه . ويجوز فى حالة قلة مياه الصرف أن تصب فى أقرب ترعة أو نهر إذا كانت مياه الصرف عديمة أو قليلة التأثير على نوعية مياه الرى ، وكثيرا ما يسمح بأن تصب المياه فى منطقة منخفضة ، أو بحيرة ، أو بركة قريبة، وفى حالة مياه الصرف المنقولة بمصارف مغطاة فيراعى أن تكون نهاياتها أعلى من منسوب المياه بالمخرج بحوالى ١٥ سم على الأقل ، كما يجب أن تبرز نهاية ماسورة المصرف بمقدار من ٣ ـ ٦ متر لإلقاء المياه بعيدا عن الجوانب التى يخشى نحرها ، وإلا فيجب تكسية هذه الجوانب وقد يضطر لاستعمال طلمبات رافعة تصمم على أساس تصرف يعادل ½ التصرف المصممة عليه المصارف . ولذلك تقسم مخارج المياه عادة إلى نوعين : بالجاذبية وبالرفع .

تشغيل وصيانة مشروعات الصرف

اولا ـ اعمال التشغيل :

تنفذ شبكة الصرف إما باليد أو بالآلات ففى حالة المصارف المكشوفة يمكن استعمال الجرارات مع المكشطة (Scraper) والبلدوزر (Bulldozer) والجرارات المحملة (Tractor loader) وحفار الخنادق (Trencher) وآلة الجرفة

(Machine shovel) والجرفة الخلفية (Backhoe) والخطاف (Dragline) و (Clamshell) و (Grader) .

وبعد إتمام إنشاء أى مشروع للصرف فإنه فى حالة الصرف بالآبار نجد أن الطلمبات الموجودة على الآبار هى فقط التى يلزم تشغيلها ، أما المصارف المفتوحة أو المكشوفة وكذلك المصارف المغطاة فإنها تعمل ذاتيا إلا إذا احتوى المشروع محطة طلمبات لرفع مياه الصرف . وتشغيل الطلمبات يعتمد أساسا على منسوب المياه الأرضية كما تبينه القياسات المختلفة فى آبار الملاحظة. وكلما ارتفع منسوب المياه الأرضية فوق العمق المطلوب أصبح من الضرورى تشغيل الطلمبات ولابد من مراعاة الوقت اللازم لخلق ميل هيدروليكى كاف لضمان حركة المياه الأرضية والتسرب العميق تجاه الآبار أو تجاه مآخذ الطلمبات، وسرعة حركة هذه المياه تتوقف على صفات الخزان الأرضى، وعلى المسافات بين الآبار وتصرفها .وفى بداية تشغيل مشروع الصرف فإن تشغيل الطلمبات يترك لتقدير المشرفين على المشروع حتى نهاية تسجيل المعلومات الآتية :

١ - تؤخذ قراءات أو قياسات أسبوعية لتسرب المياه ولمدة عامين على الأقل من بداية تشغيل المشروع وذلك لتحديد كفاءة التشغيل وتحديد أفضل المناسيب وأكثرها ملاءمة لتشغيل الطلمبات وإيقافها ،

كذلك بالنسبة للمشروعات التى لم ينشأ بها نظام للصرف يجب توفير القياسات اللازمة لمعرفة مدى ارتفاع الماء الأرضى وتذبذبه على مدار السنة حتى يمكن تحديد موعد الحاجة إلى تنفيذ مشروعات الصرف . وتؤخذ هذه القياسات عادة بمعدل واحدة لكل ١٠٠ - ٢٠٠ هكتار على الأقل ،

٢ - تؤخذ قراءات يومية على الأقل لمنسوب الماء الأرضى فى بعض المواقع لمعرفة تذبذب هذا المنسوب ما بين كل ريتين ولإمكان حساب متوسط عمق الماء

الأرضى خلال موسم الرى ولا مانع بعد الانتهاء من الحسابات المطلوبة من تسجيل هذا المنسوب شهريا ،

٣ - يسجل تركيز الأملاح بالتربة والماء الأرضى ،

٤ - يسجل تركيز الأملاح بمياه الصرف كما تقاس كمية هذه المياه و

٥ - يسجل تركيز الأملاح بمياه الرى كما تقاس كمية هذه المياه .

ومن خلال كل هذه القياسات يمكن الحكم على الميزان الملحى وهل يسير فى الاتجاه المطلوب ، كذلك إذا كانت ملوحة الأرض أقل من المستوى المناسب وعما إذا كانت عمليات الغسيل كافية أو يجب تعديلها . كما يمكن استعمال هذه البيانات فى تصميم المشروعات والمماثلة فى ظروفها المحيطة وتربتها ومحاصيلها وجوها وإدارتها المائية والزراعية وجميع الظروف الأخرى .

ثانيا - اعمال الصيانة :

الصيانة عملية مستمرة حيث يمكن تقسيمها إلى نوعين : **صيانة واقية** قبل انهيار المصارف **وصيانة لتصحيح** الانهيار الجزئى أو الانهيار الكامل إن حدث أى منهما بسبب سوء التصميم أو التنفيذ الغير سليم أو بسبب انعدام أو قلة الصيانة بعد التنفيذ ، وتشمل توسيع المصارف وتعديل بعض الأعمال الصناعية وعمل التكسيات وإعادة تخطيط المصارف ومنحنياتها وغير ذلك من أعمال .

ومن أسباب تلف المصارف المكشوفة مايحدث بها من إطماء ونمو بعض النباتات بها. كذلك تآكل الجوانب أو القاع وسوء استعمال الأرض مما قد يسبب تآكل التربة وانجرافها إلى المصارف وقد يكون من أسباب تلف المصارف عدم اختيار المواقع المناسبة وسوء تخطيطها وعدم اختيار العمق المناسب لها وعدم

كفاءة الأعمال الصناعية (البرابخ والسحارات والكبارى وغيرها...) المقامة عليها.

ولابد أن يبدأ التخطيط لأعمال الصيانة منذ بداية تصميم مشروع الصرف فالمصارف المكشوفة تفقد فعاليتها إن لم يتوفر لها أعمال الصيانة الكافية . لذلك يجب أن يعطى لأعمال الصيانة وبرامجها نفس أهمية تصميم المشروع . وقد يصبح نظام الصرف عديم الجدوى نتيجة انسداد مجارى الصرف ونمو الأعشاب والحشائش والإطماء، مما يستلزم استمرار الصيانة وتطهير المصارف إما باليد وقت خلوها من المياه حيث توضع نواتج التطهير خلف الجسور أو فوق جزء منها، وإما بالكراكات بأنواع القواديس أو الشفاطة أو الكباسة حيث يوضع ناتج التطهير فى أحواض تحفر فى المسطاح .

وتشمل أعمال الصيانة قطع الحشائش وحرقها واستعمال بعض المواد الكيماوية لإبادة الحشائش وإزالة المواد المترسبة بمجارى الصرف كلما تراكمت فيها . كذلك تشمل إصلاح الأعمال الصناعية وكل مايلزم لزيادة كفاءة نظام الصرف بصفة عامة علاوة على إصلاحماينتج عن عمليات النحر بالقاع أو بالجوانب فى بعض المصارف . والمصارف المكشوفة الكبيرة التى يزيد عرض قاعها عن ٥ر٠ متر، كلما زاد عمقها عن ٥ر٣ متر كلما قلت كمية الحشائش فيها لقلة الضوء اللازم لنموها غير أنه يخشى من زيادة مكعبات الحفر إذا زاد عمق المصرف كثيرا .

وقد استعملت فى الحقبة الأخيرة من القرن العشرين المواد الكيماوية الآتية لإزالة الحشائش :

(2,4 — D ; 2,4 — dichlorophenoxyethyl sulfate) ومادة

(2,4,5 — Tl ; trichlorephenoxy acetic acid)

ويراعى الحرص فى استعمال هذه المواد حتى لا تقتل القطن أو الطماطم والخضر

وكثير من الزهور والأشجار . ويمكن تقسيم الحشائش إلى ثلاثة أنواع الاولى قصيرة قد يكون ضررها بسيط والثانية طويلة تعلو سطح المياه وهذه لابد من قطعها وإزالتها والثالثة عوامة تتجمع فتعوق سير المياه مما يستدعى إزالتها أيضا .

أما المصارف المغطاة فلابد من التأكد من حسن أدائها لوظيفتها مما يستوجب تنفيذها بكل دقة ، كما أن معظم أعمال صيانتها تتطلب فور انتهاء إنشائها إذ كثيرا ما تنسد بحبيبات السلت والطين بمعدل سريع علاوة على انسدادها بجذور النباتات مما يستلزم إزالتها بتغذية المصارف بالمياه تحت ضغط أو بالأسياخ الحديدية ذات الرؤوس المتقاطعة التى تدفع داخل المصارف لتسليكها أو غير ذلك من وسائل . وأحدث وسيلة لتسليك المصارف المغطاة هى باستعمال ماكينة خاصة تحتوى على جرار وطلمبة ذات ضغط عال (حوالى ٢٠٠ متر) بخرطوم خاص (hoze) ينتهى ببزباز (nozzle) معين يعمل داخل المصارف مسببا تفكك المواد المسببة لانسدادها ، وخروج هذه المواد من مصبات المصارف ، وفتح الوصلات بين المواسير . وتسمى هذه الطريقة التنظيف باستعمال الضغط العالى (High pressure drain cleaner) ، كما تشمل أعمال الصيانة بالنسبة للمصارف المغطاة إصلاح أى كسر فى خطوط المصارف ، وإصلاح الأعمال الصناعية اللازمة.

وأما بالنسبة للآبار فأعمال الصيانة تحتاج إلى الكثير من الوقت والجهد ، ويحسن السيطرة على تشغيلها أتوماتيكيا تلافيا لأى ضرر وللحد من أعمال صيانتها.

أسئلة على الباب الثانى

١ ـ ماهى العوامل الأساسية التى من أجلها يجرى صرف الأراضى الزراعية ؟

٢ ـ ماهى أسباب الصرف وأغراضه فى كل من المناطق الآتية :

(ا) فى المناطق الرطبة وتحت الرطبة ؟

(ب) فى المناطق الجافة والنصف جافة تحت الاستصلاح ؟

(ح) فى المناطق الجافة والنصف جافة التى تم إستصلاحها ؟

٣ ـ أذكر الأضرار الناتجة من إرتفاع منسوب الماء الأرضى لكل من :

(ا) الإنسان.

(ب) الحيوانات والطيور.

(ح) النبات .

(د) الحشرات .

(ه) التربة (بنائها ـ تهويتها ـ حرارتها ـ تركيز الأملاح بها ـ أعمال الميكنة الزراعية)

٤ ـ ماذا يقصد بمباحث الصرف وماهى أولى الخطوات لعمل هذه المباحث الأولية لمشروع صرف ما ؟

٥ ـ ماذا يمكن تحديده بعد القيام باستطلاع الحقل من أجل إنشاء مشروع الصرف؟

٦ ـ أذكر عشرة ملاحظات عامة يمكن الحكم منها على حالة الصرف بمساحة ما أو يمكن بها معرفة بعض الصفات الهيدرولوجية لها .

٧ ـ أذكر المعلومات والبيانات الواجب جمعها أثناء عمل المباحث التحت سطحية لمساحة يراد إنشاء مشروع صرف بها .

٨ - ماهى المسامية الصرفية وماهو المسك النوعى وهل هناك علاقة تربط بينهما؟ كيف تحدد المسامية الصرفية ؟

٩ - عرف الإنتاج النوعى وارسم العلاقة بينه وبين معامل التوصيل الهيدروليكى

١٠ - ماهى مصادر المياه الزائدة المطلوب صرفها وماهى الدراسات الواجب عملها من أجل تحديد كل منها ؟

١١ - اشرح الرسومات والخرائط اللازمة لتحليل البيانات الخاصة بدراسات المياه الأرضية مستعينا بالرسم .

١٢ - وضح أنواع ثقوب الرصد أو الملاحظة والفرق بينهما وطرق استعمالها .

١٣ - ماهى أنواع الصرف ؟ تحدث بإيجاز عن كل نوع ؟

١٤ - ماهى الأعمال التى يمكن تنفيذها كوسيلة للصرف السطحى ؟

١٥ - فاضل بين وسائل الصرف السطحى المختلفة أيهم أحسن ولماذا ؟

١٦ - متى تستعمل المصاطب كوسيلة للصرف السطحى ومتى تستعمل المهود ؟

أكمل العبارات الآتية : -

١٧ - يفضل استعمال طريقة التقسيم إلى مهود كوسيلة للصرف السطحى فى الأراضى التى يتراوح انحدار سطحها بين .... ، .... ٪ بينما يفضل عمل مصاطب للصرف إذا كان انحدار سطح الأرض .... أى حوالى .... ٪.

١٨ - خفض درجة الحرارة نتيجة سوء الصرف ...... من تفرع النبات و ...... من نشوء الجذور الشعرية كما ...... فترة البيات أو السكون علاوة على ...... معدل نضج المحصول .

١٩ - أذكر أهم المشكلات التى تحدد أنواع الصرف والمصارف .

٢٠ - ماهو تقسيم بريجز للمياه الأرضية ؟

٢١ - أذكر ماتعرفه عن تقسيم ليديف للمياه الجوفية .

٢٢ - أذكر الفرق بين الماء الحر والماء الهيجروسكوبى.

٢٣ - وضح أنواع مياه الجاذبية الأرضية وأنواع المياه الشعرية .

٢٤ - ضع علامة √ أو × أمام العبارات الآتية :-

ا) مقدار الماء الهيجروسكوبى فى الأراضى الرملية أكبر منه فى الأراضى الطينية ،

ب) ارتفاع الماء الشعرى فى الأراضى الرملية أصغر منه فى الأراضى الطينيه ،

حـ) يمكن التخلص من الماء الهيجروسكوبى بواسطة الصرف بصعوبة ،

د) لايمكن إزالة الماء الشعرى بواسطة عملية الصرف و

هـ) ينفصل الماء القشرى بسهولة عن حبيبات التربة الرملية بالصرف .

٢٥ - أكمل :- يصل تماسك الماء القشرى أو الغلافى بحبيبات التربة لدرجة لايمكن فصله عنها بقوى تساوى ......

٢٦ - ماهى القوى المسببة لحركة المياه الأرضية فى التربة ؟

٢٧ - أشرح مع الرسم القوى الكهروجزيئيه وتأثيرها .

٢٨ - ماذا يؤثر فى المياه المعلقة فى التربة ؟ وضح بمعادلة مقدار هذا التأثير .

٢٩ - كيف تتحرك المياه فى التربة وتحت أى شروط يتم خروجها من التربة ؟

٣٠ - أشرح قانون دارسى مستعينا بالرسومات ومتى يكون تطبيقه صحيحا ؟

٣١ - متى يستعمل كل من قانون شيزى وقانون برونى وماهما ؟

٣٢ ـ عرف معامل التوصيل الهيدروليكى وأشرح العوامل التى يعتمدأو يتوقف عليها .

٣٣ ـ ما الفارق بين معامل التوصيل الهيدروليكى ومعامل النفاذية ؟

٣٤ ـ أشرح مستعينا بالرسم والمعادلات طرق إيجاد معامل التوصيل الهيدروليكى الآتية :

ا) باستعمال جهاز قياس النفاذية « Field core permeameter » ،

ب) طريقة حفرة البريمة ،

حـ) طريقة البيزومتر و

د) فى حالة حركة المياه خلال تربة غير مشبعة .

٣٥ ـ كيف يمكن قياس معدل صعود الماء فى حفرة ما أثناء تحديد معامل التوصيل الهيدروليكى أو لرصد مناسيب المياه بها ؟

٣٦ ـ استنتج معامل التوصيل الهيدروليكى المركب الأفقى لمنطقة تتكون تربتها من ثلاث طبقات أفقية معاملات التوصيل الهيدروليكى المركب لكل منها K_1 ، K_2 ، K_3 ، على التوالى .

٣٧ ـ استنتج معامل التوصيل الهيدروليكى المركب الرأسى للمنطقة السابقة .

٣٨ ـ كيف تحدد الطبقة الصماء بالاستعانة بمعامل التوصيل الهيدروليكى ؟

٣٩ ـ أذكر معادلة لابلاس فى حالة ثلاثة أبعاد .

٤٠ - عرف معامل أو مقنن الصرف واشرح العوامل التى يتوقف عليها .

٤١ - فيم تستعمل معادلة موريتز وما أهميتها ؟

٤٢ - أكمل العبارات : - تتوقف نسبة معامل الصرف السطحى إلى معامل الصرف الباطنى على .... و .... و ....

٤٣ - معادلة التوازن المائى بمنطقة جذور النبات لحقل مروى هى : -

...... + ... + ... = ... + ...

بينما معادلة التوازن الملحى هى : -

.... + ... = ...

بفرض أن مياه المطر والبخر ...... صفر

٤٤ - معامل كفاءة الغسيل يعبر عن .... من المياه التى تمر بمنطقة جذور النبات .

٤٥ - استنتج مياه الرشح التى تساوى مياه الصرف لفترات زمنية طويلة مع استعمال معادلات التوازن المائى والملحى وكذلك لفترات قصيرة .

٤٦ - أذكر العلاقة بين مياه الرى أو المطر والبخر والتخلل والمياه المتبقية على سطح الأرض وكيف تحدد منها مقنن الصرف السطحى.

٤٧ - كيف تحدد معامل التخلل بواسطة جهاز التخلل ؟ اشرح مستعينا برسم ومنحنى .

٤٨ - أكمل : - من أجل تشغيل وصيانة مشروع الصرف تسجل قراءات يومية لـ ...... كما يسجل تركيز الأملاح لـ .... و .... و ....

٤٩ - ماهى الشروط الواجب توفرها فى مخرج مياه الصرف ؟ اشرح بإيجاز .

٥٠ - أكمل : - تستعمل المواد الكيماوية ...... و ...... لإزالة الحشائش غير أنه يراعى ....

٥١ - العلاقة بين معامـــل التوصيل الهيدروليكى وبين معامل النفاذية هى : ....

الباب الثالث

المصارف المكشوفة أو المفتوحة

Open Drains

تنشأ مشاكل الصرف السطحى من عدم قدرة المياه الزائدة على الحركة فوق سطح الأرض إلى مصب سطحى (Surface outlet) أو عدم قدرة هذه المياه على الحركة خلال قطاع التربة إلى مصب جوفى كما فى الحالات الآتية :

١ - مساحات منبسطة تماما حيث قطاع التربة ضحل أو تحته طبقات غير نفاذة ،

٢ - مساحات بها جيوب أو منخفضات ضحلة نشأت طبيعيا أو صناعيا حيث تتراكم المياه بها ،

٣ - مساحات منبسطة أو مصاطب معرضة للجريان السطحي من مساحات عالية مجاورة ،

٤ - مساحات معرضة لانسياب المياه من أنهار أو مصادر أخرى للمياه و

٥ - مساحات معرضة للغمر من فعل المد والجزر .

ولذا فإن الصرف السطحى يستوجب إستيفاء غرضين أولهما إزالة العوامل المسببة للمشكلة والثانى إنشاء نظام يقى حدوث المشكلة فى المستقبل

تقسيم المصارف المكشوفة بالنسبة لأحجامها :

فى هذا التقسيم :

ا) **مصارف حقلية :** وهى التى تقوم باستقبال مياه الصرف مباشرة فى الحقل من التربة ثم تلقى بمياهها فى المصارف العامة و

ب) **مصارف عامة :** والمفروض أنها لا تستقبل ميـــاه الصرف من التربة مباشرة فقط ، بل تستقبلها من المصارف الحقلية ثم تقوم بتجميعها وحملها إلى المصب . وهى عبارة عن المصارف العمومية والرئيسية والفرعية ومصارف الدرجة الأولى والثانية. وقد بلغ ما أنشىء منها فى ج.ع م حتى عام ١٩٦٤حوالى ١٠٠٠٠ كيلو متر طولى فى الوجه البحرى، بينما بلغ ما أنشىء فى الوجه القبلى حوالى ٦٠٠٠ كيلو متر طولى .

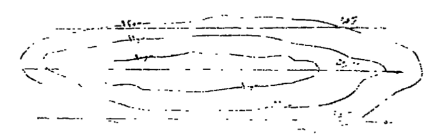
تخطيط المصارف :

من أجل تخطيط المصارف المكشوفة تعمل ميزانية شبكية للمساحة المراد إنشاء المصارف بها حتى يمكن بالتالى عمل الخرائط الكنتورية ، ثم يتم تخطيط المصارف المكشوفة فى الأماكن المنخفضة بصفة عامة مع تعديل التخطيط لعمل المصارف بحيث تسير فى خطوط مستقيمة بقدر المستطاع .

ويتبع تخطيط المصارف أحد الحالات الآتية :

١) **فى حالة الأراضى المتموجة :** (أنظر شكل ٤٢) .

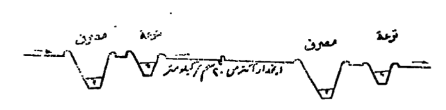
ويلاحظ بشكل ٤٢ أن المصرف وضع فى أوطى جزء من المساحة وهو مبين بالشكل بخط متقطع كما يلاحظ أن الترعتين قد وضعتا فى الجانبين المرتفعين من المنطقة .



شكل ٤٢ : تخطيط المصارف المكشوفة بمنطقة متعرجة .

ب - فى حالة ارض منحدرة بانتظام فى اتجاه واحد :

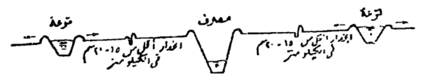
١) اذا كان الانحدار كبيرا (أى أكبر من ١٥ - ٢٠ سم فى الكيلومتر) مما قد يكلف مبالغ طائلة إذا أجريت أعمال التسوية لخفض مقدار الانحدار : ويتبع فى هذه الحالة طريقة للرى والصرف من جانب واحد أى أن رى الأراضى يكون من جانب واحد فقط كما هو مبين بشكل ٤٣ وكذلك يكون صرف هذه الأراضى من جانب واحد، ويلاحظ أن مياه الرشح من الترع تصل إلى المصارف من الجانب المجاور للمصرف .



شكل ٤٣ : تخطيط المصارف بمنطقة ذات انحدار شديد

٢) الانحدار بسيط (أقل من ١٥ سم للكيلومتر) :

وهنا يمكن إجراء أعمال التسوية بتكاليف بسيطة حتى يتجه الانحدار الاتجاه المطلوب . ويتبع فى مثل هذه الحالة طريقة الرى والصرف من الجانبين فتروى الأراضى من الترع على جانبها كما هو مبين بشكل ٤٤ ويوضع المصرف فى منتصف المسافة بين الترعتين تقريباً كى يتلقى مياه الصرف من جانبيه .



شكل ٤٤ : تخطيط المصارف بمنطقة ذات انحدار بسيط

ملحوظة : الانحدار الطولى لأراضى وادى النيل حوالى ٩ سم للكيلومتر بينما يتراوح الانحدار العرضى بين ٥سم ، ٢٠سم للكيلومتر .

ج — أراضى مناطق الاستصلاح (أنظر شكلى ٤٥ ، ٤٦) :

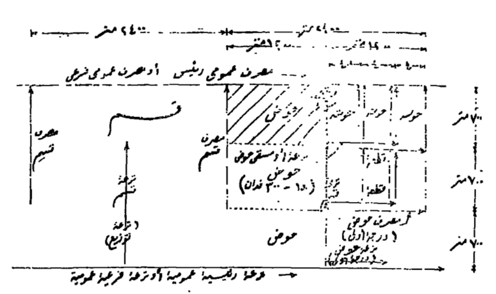
يتبع بصفة عامة التخطيط الآتى ما عدا فى بعض الحالات الخاصة :

١) يقسم المشروع إلى ترع و مصارف عامة قد يبلغ زمام كل منها ٢٠٠,٠٠٠ فدان ويسمى مصرف رئيسى عومى و يستقبل مياهه من المصارف العامة الفرعية وهى ذات درجات أولى وثانية حسب زمام كل منها وكثيراً ما تسمى المصارف العامة الفرعية من الدرجة الأولى إذا بلغ زمامها من ١٠,٠٠٠ إلى ٢٠,٠٠٠ فدان وتسمى المصارف العامة الفرعية من الدرجة الثانية إذا بلغ زمامها ٥٠٠٠ فدان حتى أقل من ١٠,٠٠٠ فدان ،

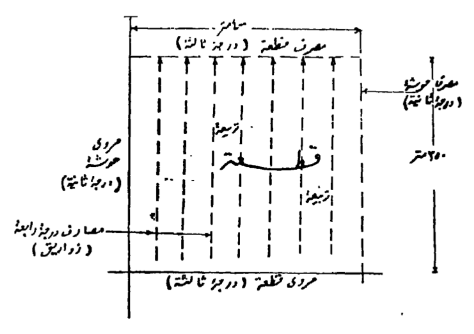
٢) تقسم المساحة بين كل ترعة ومصرف عمومى بحفر ترع ومصارف إلى أقسام بحيث تكون المسافة بين كل مصرفين أو ترعتين متواليتين من ٢ إلى ٣ كيلومتر حيث تسمى المساحة المحصورة «قسم» الذى تصل مساحته من ١٠٠٠ إلى ٢٥٠٠ فدان ،

٣) تقسم الأقسام بمراوى ومصارف أخرى إلى «أحواض» مساحة كل منها ٢٠٠ فدان وقد تزيد المساحة إلى ٨٠٠ فدان ،

٤) تقسم الأحواض إلى «حوش» مساحة كل منها من ٣٠ إلى ٨٠ فدان.



شكل ٤٥ : تخطيط شبكة الرى والصرف داخل الأقسام



شكل ٤٦ : يبين قطعة مقسمة إلى «ترابيع» وبها مصارف الدرجة الرابعة (الزواريق)

ويراعى أن تحاط كل حوشة بالطرق اللازمة لحسن الإشراف عليها ونقــل الحاصلات الزراعية وغير ذلك ،

٥) تقسم الحوش إلى (قطع) بواسطة مراوى ومصارف (درجة ثالثة) وتبلغ مساحة كل قطعة من ٥ إلى ٤٠ فدان ،

٦) فى حالة الأرضى المالحة والقلوية تنشأ مصارف حقلية (درجة رابعة) تسمى « زواريق » لمعالجة مشاكل الملوحة والقلوية وقد تصل المسافة بين هذه المصارف من ١٠ ـ ٥٥ مترًا كما هو واضح بشكل ٤٦ .

ويراعى فى تخطيط جميع المصارف ماسبق ذكره سواء كان الانحدار شديداً أو بسيطاً وقد تختلف التسميات عما ذكر عاليه ولكن الغرض هنا إعطاء فكرة عامة عن التخطيط فقد يشمل التقسيم الأحواض التى تقسم إلى أجزاء بدلا من « الحوش » ثم تقسم الأجزاء إلى قطع ثم إلى ترابيع وهكذا.

وتشغل المنافع العمومية أى الطرق والترع والمصارف المكشوفة بأنواعها من ٥ إلى ٢٥ ٪ من مساحة الأرض الكلية، وهى نسبة كبيرة بدون شك وبتكلف إنشاء شبكة الصرف فى مصر حوالى ٢٠ جنيها للفدان الواحدة .

وبصفة عامة فإن تخطيط وتحديد مواقع المصارف يراعى فيه الآتى

١ ـ وضع المصارف فى حدود الملكيات الفرعية ما أمكن للحصول على أكبر كفاءة لحجم وشكل المزرعة علاوة على تسهيل عمليات الميكنة الزراعية ،

٢ ـ وضع المصارف فى الأماكن ذات المناسيب المنخفضة للإقلال من تكاليف الحفر .

٣ ـ حفر المصارف فى مواسم زراعيــة مناسبة لخفض الضرر بالنسبة للمحاصيل الزراعية ،

٤ - إنشاء المصارف بأقصر طول ممكن بجعلها مستقيمة ولذا يجب مراعاة ذلك لخفض نفقات إنشائها ،

٥ - توضع المصارف فى الأماكن حيث التربة غير معرضة للتساقط وحتى تكون الميول الجانبية مناسبة ،

٦ - تدم إطالة المصارف الرئيسية العمومية كثيرا مما يتسبب عنه صعوبة تطهيرها وارتفاع منسوب الماء بها وضياع جزء كبير من المياه قد يمكن استخدامه فى الرى ، ويحسن ألا يزيد طول المصرف العمومى عن ٣٠ كيلو متر وأن ينشأ فى نهاية كل مرحلة منه طلمبات كافية لرفع مياه الصرف إلى الترع أو إلى النهر للاستفادة بها فى الرى إذا سمحت خواص المياه بذلك بعد خلطها.

٧ - إذا زاد التصرف عن ٥٠ قدم مكعب / ثانية يجب عمل منحنى بقطر كاف عند انشاء المصرف الأكبر منه حجما حتى يمكن لخطوط مسار المياه أن تتوازى وبفضل اتباع ذلك أيضا للمصارف المكشوفة الأقل حجما لتحسين صفات سريان المياه وتقليل تكاليف الصيانة ،

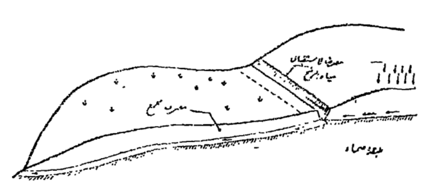
٨ - لصرف الوديان والأراضى الناتجة من تجفيف البحيرات تحاط المساحة بالمصارف المناسبة بعد تحديد المصب أو المخرج المناسب لرفع المياه عنده إلى خارج المساحة .

٩ - قد يضطر لتحسين نظام الصرف فى المساحات التى تمكث المياه فوقها (Potholes) إلى معالجة التربة بالكيماويات (Chemical soil conditioners) أو إلى زراعة (Sod cover) أو استعمال العلاج السطحى (Surface treatment) لمنع انسداد الطبقة السطحية (Sealing) وذلك من أجل تحسين

بناء التربة، كما أنه يحسن عمل انحدارات مناسبة لسطح الأرض وتسويتها جيدا .

د — مناطق يزيد فيها الرشح نتيجة وجود طبقة صماء تحت التربة :

فى مثل هذه المناطق تظهر مياه الرشح (Seepage water) فى مساحات متفرقة واطئة حيث يجاورها مناطق مرتفعة تخترق طبقاتها المياه ثم تسير قرب السطح فى اتجاه انحدارها نتيجة تشبع طبقات التربة المختلفة بالمياه، ونتيجة وجود طبقة صماء أسفل هذه الطبقات كما يظهر بشكل ٤٧ وتوضع المصارف وتسمى



شكل ٤٧ قطاع فى الأراضى الواطئة يبين مصرف لاستقبال مياه الرشح وآخر مجمع.

مصارف راشحة (Seepage drains) فى هذه الحالة لتجميع مياه الرشح فوق الطبقة الصماء قبل ظهور هذه المياه على سطح الأرض، وتصب هذه المصارف فى مصارف أكبر حجما حيث تنقلها بعيدا عن المنطقة، وتنشأ هذه المصارف ضحلة العمق متسعة القاع، كما أن ناتج الحفر من الأتربة يلقى فى الجانب الواطىء فقط مما يزيد من سعة المصرف وقدرته، ويتبع مثل هذه المصارف خطوط الكنتور، كما أن انحدار القاع يكون عادة أقل من الانحدارات المتبعة فى المصارف ذات الحجم المماثل وبحيث يكون هذا الانحدار كاف لتنظيفه ذاتيا . وفى الحالات التى

تصغر فيها المساحات الواطئة بالنسبة إلى المساحات المرتفعة، التى تسبب زيادة كبيرة فى كميات مياه الرشح والمياه السطحية والمياه الأرضية المطلوب إزالتها - مما يستدعى مصارف كبيرة الحجم لا تتناسب مع صغر المساحات الواطئة - يلجأ إلى عمل مصرف مغطى للتخلص من المياه الأرضية وآخر مساعد له مكشوف للتخلص من المياه السطحية ويسمى مصرف مساعد (Auxiliary drain)، حتى لا تمتلىء المصارف المغطاة فوق طاقتها، وللمساعدة على الصرف السطحى بسرعة وعدم فيضان الماء فى المساحة الواطئة، وتحفر هذه المصارف عادة على شكل (V)، ولا لزوم عادة لتعميقها إلا بالقدر الذى يسمح بحركة المياه داخلها حيث أنها تعمل فترات قصيرة من السنة، وتوزع نواتج الحفر كطبقة رقيقة على المساحة المجاورة حتى يمكن الاستفادة بالمساحات التى تشغلها الجسور ولتفادى منظرها القبيح . ويمكن صرف أى عدد من المنخفضات بمثل هذه المصارف مع وصلها ببعضها وتعميقها كلما اتجهت إلى المصب . ويلجأ فى الظروف التى يصعب معها تجميع مياه الصرف وتوصيلها إلى المصارف العمومية إلى إنشاء ما يعرف **بالمصارف العمياء** وهى مجارى مائية تتلقى مياه الصرف حيث تفقدها بالبخر .

هـ - تخطيط المنحنيات :

يشمل تخطيط المصارف تصميم الأجزاء المستقيمة منها، ولكن حيث يتحتم تغيير استقامتها فلابد من منحنيات مناسبة لمنع حدوث أى نحر . ويعتمد قطر المنحنى على سرعة المياه بالمصرف وعلى ثبات جوانبه . وحيث لا يمكن تفادى النحر فلابد من خفض سرعة المياه بزيادة عرض القاع أو تغيير ميول الجوانب أو عمل التكسيات الملائمة

وتعمل عادة زاوية الانحناء التى تحصر وترا طوله ١٠٠ قدم من ٤° درجات

للمصارف ذات التصرف الكبير أو للمصارف ذات الميول الجانبية الواقفه الى ٢٠° درجة للمصارف صغيرة التصرف أو منبسطة الميول الجانبية ولذلك يجب ألا تقل الزاوية عند اتصال مصرف مع آخر عن حوالى ٣٠° درجة للمصارف كبيرة الحجم .

تحديد المسافات بين المصارف المكشوفة

تعتمد المسافات بين المصارف وعمقها على عوامل عدة أهمها :

١ - نوع التربة وصفاتها الناقلة للمياه ،

٢ - العمق المطلوب بين سطح الأرض والمياه الأرضية والذى يعتمد بالتالى على أنواع المحاصيل الزراعية ،

٣ - العوامل الهيدرولوجية والجوية و

٤ - كمية المياه المراد إزالتها وتعتمد على طرق ونظم الرى وبرامجه .

نظرية ديبوىفورشيمر (Dupuit Forchheimer) **وقانون دونان** (Donnan) :
(أو معادلة هوغ أرت الأولى Hooghoudt) .

إذ فرض أن :

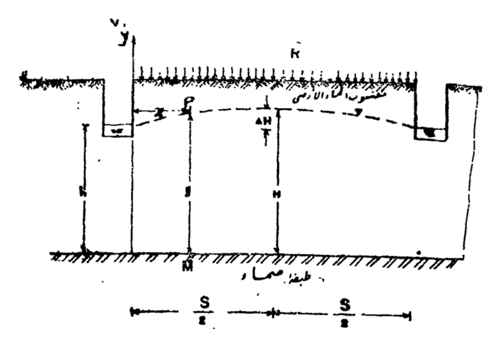
R : ارتفاع مياه الرى أو الأمطار منتظمة الهطول والمطلوب التخلص منها ،

K : معامل التوصيل الهيدروليكى بفرض أن التربة متجـــانسة وتعلو طبقة صماء ،

S : المسافة بين مصرفين أو زاروقين ،

H ‎: مستوى سطح المياه الأرضية فوق سطح الطبقة الصماء عند منتصف المسافة بين مصرفين ،

h ‎: ارتفاع منسوب المياه فى المصرف فوق سطح الطبقة الصماء ،



شكل ٤٨ : مصرفين مكشوفين مطلوب إيجاد المسافة بينهما (S) .

S ‎: الإحداثى السينى لنقطة ما (P) مثلا على سطح الماء الأرضى و

y ‎: الإحداثى الصادى لنقطة (P) ممثلة لأى نقطة على سطح الماء الأرضى.

اعتبر ديبوى فورشيمر أن :

١ ـ الميل الهيدروليكى ثابتا على طول القطاع أو الشريحة (P) المبينة بشكل ٤٨ ويساوى ($\frac{dy}{dx}$) أى أن سرعة المياه التى تخترق هذه الشريحة واحدة. تتناسب مع الميل الهيدروليكى ولا تعتمد على العمق و

٢ ـ المياه تسير فى خطوط أفقية تقريبا وبالتالى فإن مستوى الماء الأرضى

الحرءأفق أى أن خطوط سير حركة الماء أفقية وبالتالى خطوط الضغط البيزومترية المتساوية تكون رأسية . ويمكن استخدام هذا الفرض فقط إذا وجدت الطبقة الصماء على أعماق قريبة من سطح الأرض حيث تصبح معادلات منحنى المـــاء الأرضى بين المصارف على هيئة قطع ناقص .

وبتطبيق قانون دارسى :

$$v = K \cdot i = K \cdot \frac{dx}{dy} \qquad \cdots [1]$$

وبالتالى فإن كمية المياه للوحدة الطولية من المصرف التى تمر من المستوى الرأسى (PM) فى الثانية تساوى (Q) كالآتى :

$$Q = K \cdot \frac{dy}{dx} \cdot y \qquad \cdots [2]$$

ولكن هذه الكمية من المياه هى نفس كمية المياه التى تنزل على سطح الأرض فى المسافة ما بين الشريحة (PM) ومنتصف المسافة بين المصرفين أى أن :

$$Q = (\frac{S}{2} - x) R \qquad \cdots [3]$$

ومن المعادلتين ٢ ، ٣ :

$$Q = K \cdot \frac{dy}{dx} \cdot y = (\frac{S}{2} - x) R$$

ومنهـــا

$$K \cdot y \cdot dy = R (\frac{S}{2} - x) dx \qquad \cdots [4]$$

وبإجراء التكامل :

$$K \cdot \frac{y^2}{2} = R\left(\frac{S}{2}x - \frac{x^2}{2}\right) + \text{constant} \quad \ldots[5]$$

وللحصول على مقدار الثابت فى المعادلة (٥) نضع $y = h$ إذا كانت $x = 0$ أى أن :

$$K\ \frac{h^2}{2} = 0 + \text{constant} \quad \ldots[6]$$

وبذلك يمكن كتابة المعادلة (٥) كالآتى :

$$K\ \frac{y^2}{2} = R\left(\frac{S}{2}x - \frac{x^2}{2}\right) + K\frac{h^2}{2} \quad \ldots[7]$$

والمعادلة ٧ تعطى المسافة (y) التى يمكن بها تحديد منسوب الماء الأرضى لأى نقطة على منسوب سطح الماء الأرضى تبعد x عن الإحداثى الرأسى وهو جانب المصرف كما هو واضح من شكل ٤٨ .

وللحصول على المسافة بين المصرفين يمكن التعويض فى المعادلة ٧ بوضع $y = h$ إذا كانت $x = \frac{S}{2}$ كالآتى :

$$K\ \frac{H^2}{2} = R\left(\frac{S}{2}\cdot\frac{S}{2} - \frac{(S/2)^2}{2}\right) + K\frac{h^2}{2}$$

$$= R\left(\frac{S^2}{4} - \frac{S^2}{8}\right) + K\frac{h^2}{2}$$

$$= R\frac{S^2}{8} + K\ \frac{h^2}{2}$$

ومنها

$$R\ \frac{S^2}{8} = \frac{K}{2}(H^2 - h^2)$$

أو

$$R \frac{S^2}{4} = K(H^2 - h^2)$$

$$S^2 = \frac{4K}{R}(H^2 - h^2) \quad ...[8]$$

$$S = 2(K/R)^{1/2}(H^2 - h^2)^{1/2} \quad ...[9]$$

وبذلك فإن المسافة بين المصرفين (S) يمكن حسابها من المعادلة رقم ٩ المعروفة بقانون دونان والتى يلزم لحلها معرفة كل من (K) ، (R) ، (H) ، & (h) وتعرف أحيانا بمعادلة هوخ أرت الأولى وهى معادلة قطع ناقص وتعطى نتائج مقبولة كلما قل عمق الطبقة الصماء .

ونظرة إلى هذه المعادلة تبين أن البعد بين المصارف يتناسب طرديا مع الجذر التربيعى لمعامل التوصيل الهيدروليكى بمعنى أن أى فروق فى قياس مقدار معامل التوصيل الهيدروليكى بما قيمته ± ٥٠٪ تحدث تغييرا فى تصميم المسافات بين المصارف يعادل ± ٣٠٪ مما يؤيد تحديد مسافات مناسبة كذلك فإن البعد بين المصارف يتناسب عكسيا مع الجذر التربيعى لكمية مياه الرى أو الأمطار الزائدة المطلوب التخلص منها .

ويمكن كتابة المعادلة ٨ على صورة أخرى كالآتى :

$$S^2 = \frac{4K}{R}(H + h)(H - h) \quad ...[8']$$

وعلى فرض أن :

$$H = h + \triangle H$$

وبذلك تصبح المعادلة ٨' :

$$S^2 = \frac{4K}{R}(2h + \Delta H)\,\Delta H$$

$$= \frac{8K\,h\,\Delta H}{R} + \frac{4K\,(\Delta H)^2}{R} \qquad ...[10]$$

فإذا كان فرق منسوب الميــــاه الأرضية وسط المصرفين (ΔH) صغيرا بالنسبة للعمق h أمكن إهمال الجزء الأخير من المعادلة ١٠ وبذلك تصبح المسافة (S) كالآتى :

$$S = (8K\,h\,\Delta h/R)^{1/2} \qquad ...[11]$$

أما إذا كان المقــــدار (h) صغيرا إذا قورن بالمقدار (ΔH) فإنه يمكن إهمال الجزء الأول من المعادلة ١٠ فتصبح المسافة (S) كالآتى .

$$S = 2\left(\frac{K}{R}\right)^{1/2} \Delta H \qquad ..[12]$$

وبصفة عامة فإن المعادلات السابقة صحيحة ويمكن تطبيقها عمليا فى الحقل طالما أن حركة المياه إلى المصارف أفقية خلال التربة أو طالما أن ΔH أصغر من (h) وطالما (h) أصغير كثيرا من (S) المسافة بين المصرفين .

ويلاحظ أن زيادة عمق المصارف المكشوفة (أو المغطاة) عن سطح الأرض بمقدار معين مع حفظ المسافات بينها ثابتة دون تغيير لا يؤدى إلى انخفاض .قدار قمة سطح المياه الأرضية بنفس المقدار بعد الرى بوقت محدد . كما يلاحظ أيضا أن معدل تصرف مياه الصرف الواردة إلى المصارف يزيد بزيادة عمقها أى بعدها عن سطح الأرض وكذلك بزيادة المسافة بينها

والجدول الآتى رقم ١٣ يبين العلاقة التى تربط البعد بين المصارف وبين معامل التوصيل الهيدروليكى إذا أنشئت هذه المصارف على أعماق ٣ أو ٤ أو ٥ قدم على التوالى :

معامل التوصيل الهيدروليكى (K) بوصة / ساعة	المسافات بين المصارف بالقدم إذا كان عمقها :		
	٣ قدم	٤ قدم	٥ قدم
صفر - ٠,٠٥	صفر - ١٥	صفر - ٢٠	صفر - ٢٥
٠,٠٥ - ٠,٢٠	١٥ - ٢٠	٢٠ - ٤٠	٢٥ - ٥٠
٠,٢٠ - ٠,٨٠	٢٠ - ٦٠	٤٠ - ٨٠	٥٠ ١٠٠
٠,٨٠ - ٢,٥٠	٦٠ - ١١٠	٤٠ - ٨٠	١٠٠ - ١٨٠
٢,٥ - ٥,٠٠	١١٠ - ١٥٥	١٤٥ - ٢٠٥	١٨٠ - ٢٥٥
٥,٠٠ - ١٠,٠٠	١٥٥ - ٢٢٠	٢٠٥ - ٢٩٠	٢٥٥ - ٣٦٠

جدول ١٣ : تحديد المسافة بين المصارف لقيم مختلفة لمعامل التوصيل الهيدروليكى ولأعماق ٣ ، ٤ ، ٥ قدم (حسب بواسطة سلاتر Slater , 1950)

وواضح من الجدول أنه كلما زاد عمق المصارف كلما زادت المسافة بينها. أما البعدان (h) ، (H) وهما بعد منسوب المياه بالمصرف وبعد منسوب الماء الأرضى فى منتصف المسافة بين المصارف عن الطبقة الصماء فيتوقفان على عمق الطبقة الصماء عن سطح الأرض وعلى أعماق المصارف .

ويمكن استعمال الطريقة التى يتبعها مكتب الاستصلاح (Bureau of Reclamation) الأمريكى والتى سيرد ذكرها فى الباب التالى مع المصارف المغطاة لإيجاد المسافة بين المصارف .

أعماق المصارف :

يتوقف عمق المصرف بالمزرعة على عدة عوامل منها :

١ ـ اختلاف طبقات ونوع التربة سواء رملية أو طينية أو غيرها لاختلاف معامل التوصيل الهيدروليكى لكل نوع، ولاختلاف المسافات البينية بين الحبيبات، ولاختلاف التكوين الحبيبى ودرجة احتفاظها بالمياه وسرعة تخلصها منه مما يؤثر على الخاصية الشعرية وحركة المياه وغير ذلك، مما يحدد مدى انخفاض منسوب المياه الأرضية والامتداد الشعرى اللذان يجب أن يحققا درجة تهوية التربة اللازمة للنبات وكمية المياه التى يحتاج إليها . وقد لوحظ أنه إذا زاد عمق المصارف فى الأراضى الرملية كثيرا فقد تذبل النباتات وقد تموت نتيجة لسرعة تسرب مياه الرى وعدم احتفاظ الأراضى الرملية بالرطوبة الكافية للنبات .

٢ ـ نوع النبات والظروف الجوية :

فالخضر تحتاج إلى طبقة غير مشبعة بالمياه عمقها من ٣٠ ـ ٧٠ سم
والمراعى « « « « « « « من ٥٠ ـ ٧٥ سم
والحبوب « « « « « « « من ٧٥ ـ ١٢٥ سم
والقطن يحتاج « « « « « « من ١٥٠ ـ ٢٠٠ سم
والفواكه: الحلويات تحتاج إلى طبقة غير مشبعة بالمياه عمقها من ١٢٥ ـ ٢٥٠ سم
والموالح « « « « « « « « « ١٥٠ ـ ٢٥٠ سم

والملاحظ أن جذور النباتات السفلى لا تزداد كثافتها وأهميتها كباقى الجذور

من ناحية التغذية للنبات ولذلك يمكن القول بصفة عامة أن معظم النباتات تخترق جذورها عمقاً فعالا يتراوح بين ١٢٠ - ١٨٠سم، وهذه هي المنطقة التي يجب العناية بصرفها جيداً وفي المتوسط حوالى ١٥٠ سم .

ويوصى كثير من باحثى وزارة الزراعة العربية فى مصر وغيرهم من العاملين فى هذا التخصص بأن أقل مستوى ماء أرضى لازم لنمو المحاصيل الحقلية هو :

٩٠ سم فى شمال دلتا النيل ،

١١٠سم فى وسط الدلتا و

١٢٥سم فى جنوب الدلتا ومصر الوسطى .

وكثيرا ماتنجح النباتات السطحية الجذور مثل النجيليات والخضر فى الأراضى ذات المستوى العالى للماء الأرضى بعكس النباتات ذات الجذور العميقة

وبصفة عامة يجب إجراء تجارب على نطاق واسع لتحديد العوامل التى تؤثر على عمق الصرف سواء كانت هذه العوامل نتيجة لنوع التربة أو لنوع النبات .

نتائج عامة لبعض التجارب :

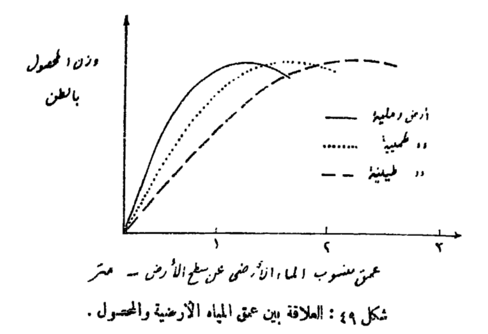
قامت وزارة الرى ووزارة الزراعة العربية وبعض المؤسسات والهيئـــات الأخرى بكثير من التجارب أثبتت فيها ما يأتى :

١ - ارتفاع المياه الأرضية قبل إنشاء السد العالى عند بدء فيضان النيل يسبب نقصا واضحا فى المحصول ،

٢ - إذا زاد عمق الصرف إلى مترين بدلا من متر واحد يزيد المحصول بنسبة تتراوح من ٥٠ إلى ٧٥ ٪ ،

٣ - هناك حد أقصى لعمق المصارف أو مياه الصرف عن سطح أرض الزراعة

الحصول على أحسن محصول . ولو زاد العمق عن هذا الحد فلا زيادة تحدث المحصول كما هو واضح من شكل ٤٩ :



شكل ٤٩ : العلاقة بين عمق المياه الأرضية والمحصول .

٤ ـ التربة الرملية تحتاج الى مصارف عمقها أقل منه فى التربة الطميية وهذه تحتاج الى عمق أقل منه فى التربة الطينية ،

٥ ـ قد يموت النبات فى الأراضى الرملية إذا زاد عمق المصرف كثيرا لتسرب مياه الرى بسرعة ولعدم احتفاظ التربة بالرطوبة الكافية لنمو النبات ،

٦ ـ الخاصة الشعرية فى التربة الطينية أكبر منها فى التربة الرملية وعلى ذلك يجب أن يكون عمق المصرف فى الأولى أكبر منه فى الثانية لمنع ارتفاع الأملاح المذابة فى المياه الأرضية إلى سطح الأرض ،

٧ ـ أثبتت التجارب فى المناطق بجنوب الدلتا أنه يمكن الحصول على أجود محصول للقطن إذا عمقت المصارف إلى ٢ متر تقريبا ،

٨ - فى المناطق قرب البحر الابيض المتوسط بالدلتا يمكن الحصول على أجود محصول للقطن إذا عمقت المصارف حتى ١٫٢٥ - ١٫٥٠ متر تقريبا ،

٩ - فى المناطق الرطبة نسبيا من ج.ع م حيث يتأخر نضج القطن ، يؤثر خفض منسوب المياه الأرضية بسبب زيادة عمق المصارف على طول فترة النمو الخضرى ، مما ينشأ عنه عدم نضج جزء كبير من اللوز قبل حلول الشتاء ،

١٠ - عمق المصرف يعتمد على نوع التربة والنبات، كما يعتمد على البيئة الجوية المطلوبة للنبات ، علاوة على اقتصاديات شبكة الصرف ،

١١- أجرى هوخ أوت (١٩٥٠) بعض التجارب على أثر الصرف على المحصول فوجد أن الأراضى السوداء التى تحتفظ بمستوى المياه الارضية بها على عمق بين ١٫٢٠ ، ١٫٥٠ متر غلت أعلى محصول و

١٢ - قرر نيكلسن و فيرث (Nicholsen and Firth, 1958) أن العمق المناسب لمنسوب المياه الأرضية هو ٣٠ - ٢٥ بوصة فى أراضى البيت (Peat) المحاصيل المختلفة غير، أنه بالنسبة للبطاطس والكرفس فإن أفضل عمق هو ٢٤ بوصة فقط.

ويقصد بعمق منطقة الجذور العمق الذى فوقه لايجب للمــــاء الأرضى أن يتذبذب، ويعتبر عادة مساويا للمسافة بين سطح الأرض وبين سطح الماء الأرضى فى منتصف المسافة بين المصارف بعد ٤٨ ساعة من الرى مباشرة . ويحدد عمق المصارف بعد تحديد منسوب الميــــاه بها الذى يعتمد بالتالى على العمق المتوسط لمنسوب المياه الأرضية أثناء الدور الهام لنمو النبات . فإذا احتاج محصول ما إلى عمق معين فوق منسوب المياه الأرضية فإن المقصود بذلك هو حاجة هذا المحصول

لهذا العمق أثناء أهم فترة فى نمـــوه والتى تعتمد بالتالى على عمق جذوره خلال هذه الفترة .

ويوصى الـخبيرون بأنه فى الأراضى التى تحتوى على بعض الأملاح وذات الطقس البارد نسبيا « Relatively cool climate » وحيث تحتوى مياه الرى من الأملاح تقليل فإن عمق منطقة الجـــذور من ٦٠ - ٩٠ سم يكون كافيا بينما للأراضى بالمناطق الجـافة تحت الرى وحيث الملوحة تعتبر من المشاكل الهـامة فلا يجب أن يقل هذا العمق عن ١٢٠ سم.

وقد رأت وزارة الرى العربية أن تنفذ الأعمال الترابية لحفر المصارف على أساس عمق المصرف مترين على أن تنفذ الأعمال الصناعية على أساس عمق ٢,٥٠ متر لإمكان تعديل عمق المصرف إلى ٢,٥٠ مستقبلا إذا لزم الأمر وذلك بالنسبة للمصارف الرئيسية ، أما بالنسبة للمصارف الفرعية فتنفذ أعمال الحفر على أساس عمق المصرف ١,٥٠ متر ، بينما تنفـــذ الأعمال الصناعية على أساس عمق ٢ متر لإمكان وسهولة تعديل العمق إلى ٢ متر إذا لزم الأمر مستقبلا .

والجدول ١٤ يبين الاعماق المفضلة بين المصارف لأنواع مختلفة من التربة .

انحدارات القاع فى المصارف :

يحدد انحدار القاع طبوغرافية وانحدار سطح الأرض بصفة عامة ويمكن تقسيم أنواع الانحدارات كالآتى :

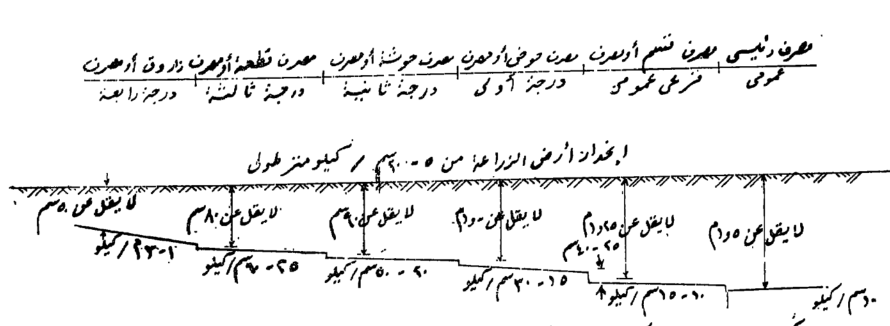
١ - انحدار سطح الأرض من ٥ - ٢٠ سم / كيلو متر طولى :

يبين شكل ٥ الانحدارات المقترحة لقاع المصارف بأنواعها من أقلها حجما وهى مصارف الدرجة الرابعة حتى المصارف الرئيسية العمومية. ويلاحظ وجود

المسافة بين المصارف بالقدم	عمق قاع المصرف بالقدم	رمل	سلت	طين	قوام التربة
١٥٠ - ٣٠٠ ١٠٠ - ١٥٠	٣ - ٤ ٢ - ٣	٨٠ - ١٠٠	صفر - ٢٠	صفر - ٢٠	رملى Sand
١٠٠ - ١٥٠ ٨٥ - ١٠٠	٣ - ٤ ٢ - ٣	٥٠ - ٨٠	صفر - ٥٠	صفر - ٢٠	طمى رملى Sandy loaur
٨٥ - ١٠٠ ٧٥ - ٨٥	٣ - ٤ ٢ - ٣	٣٠ - ٥٠	٣٠ - ٥٠	صفر - ٢٠	طمى Loam
٧٥ - ٨٥ ٦٥ - ٧٥	٣ - ٤ ٢ - ٣	صفر - ٥٠	٥٠ - ١٠٠	صفر - ٢٠	طمى سلتى Silt loam
٦٥ - ٧٥ ٥٥ - ٦٥	٣ - ٤ ٢ - ٣	٥٠ - ٨٠	صفر - ٣٠	٢٠ - ٣٠	طمى طينى رملى Sandy clay loam

Clay loam	طمى طينى	٢٠ - ٣٠	٢٠ - ٥٠	٢٠ - ٥	٣ - ٤ ٢ - ٣	٥٥ - ٦٥ ٤٥ - ٥٥
Silty clay_loam	طمى طينى سلتى	٢٠ - ٣٠	٥٠ - ٨٠	صفر - ٣٠	٣ - ٤ ٢ - ٣	٤٥ - ٥٥ ٤٠ - ٤٥
Sandy clay	طمى رملى	٣٠ - ٥٠	صفر - ٢٠	٥٠ - ٧٠	٣ - ٤ ٢ - ٣	٤٠ - ٤٥ ٣٥ - ٤٠
Silty clay	طين سلتى	٣٠ - ٥٠	٥٠ - ٧٠	صفر - ٢٠	٣ - ٤ ٢ - ٣	٣٥ - ٤٠ ٣٠ - ٣٥
Clay	طين	٣٠ - ١٠٠	صفر - ٥٠	صفر - ٢٠	٣ - ٤ ٢ - ٣	٣٠ - ٣٥ ٢٥ - ٣٠

جدول ١٤ : أعماق ومسافات المصارف فى أنواع مختلفة من التربة.



شكل ٥٠ : انحدار القاع لبعض أنواع المصارف وأطوالها حيث انحدار سطح الأرض من ٥ - ٢٠سم/ كيلو متر طولي

سقوط عند نهاية كل نوع ومصبه فى المصرف الأكبر منه حجما . كما يلاحظ أن مقياس الرسم مختلف فى الاتجاه الأفقى عنه فى الاتجـــاه الرأسى لإمكان شمول انحدارات المصارف بأنواعها ورسمها بشكل واحد مبسط .

ب – انحدار سطح الارض بسيط او الارض شبه مستوية السطح :

قد يقل عمق المصارف الرئيسية العمومية عند بدايتها إلى ١,٢٥ متر بدلا من ١,٥٠ متر مع استعمال أقل مدى للانحدارات فى المصـارف الأصغر حجما والمبينة بشكل ٥٠ .

حـ – انحدار سطح الارض اكبر من ٢٠ سم / كيلومتر :

فى المناطق التى يزيد فيها انحدار سطح الأرض عن ٢٠ سم / كيلومتر كالفيوم وبعض مناطق الساحل الشمالى الغربى بالجمهورية العربيـــة المتحدة حيث يزيد الانحدار كثيرا تعمل الانحدارات كما هو فى شكل ٥١ :

انحدار سطح الأرض ٧٠ سم / كيلومتر طولى
لا يقل عن ١,٢٥ متر
لا يزيد عن ٢,٠٠ متر
١٥ – ٥ سم / كيلومتر طولى
١٥ – ٥ سم / كيلومتر
مسقط

شكل ٥١ : انحدار القاع لمصرف حيث سطح الأرض انحدارها ٧٠سم/ كيلومترطولى.

د – قواعد عامة :

لتحديد انحدارات القاع فى المصارف يحسن اتباع القواعد الآتية :

١ - إعطاء أكبر انحدار ممكن لتفادى نمو الحشائش حتى لو أدى الأمر إلى رفع مياه الصرف باستعمال الطلمبات ،

٢ - يجب أن يقل انحدار القاع كلما زاد المصرف حجما حتى تكون السرعة متماثلة بطول المصرف ،

٣ - يحدد مقدار السقوط (Drop) بين مصب المصرف أو لقائه مع المصرف الذى يكبره حجما بحوالى ٥ - ١٠ سم وذلك لجميع المصارف حتى الدرجة الأولى أما بين مصارف الدرجة الأولى والمصارف الأكبر حجما فقد يزيد هذا السقوط إلى ٥٥ سم مع مراعاة سهولة الصرف وتفادى نحر القاع والجوانب مما قد يضطر معه لإجراء بعض التكسيات أو الاحتياطات الواقية ،

٤ - غير مسموح للمياه السطحية بالدخول منسابة على جوانب المصرف إلى مصرف أكبر حجما أو مساوية له فى الحجم إذ يجب عمل التكسيات اللازمة (أو ما يسمى (Spoil banks)) حيث تصب مواسير الصرف ،

٥ - يحسن عمل أى تغيير مفاجىء فى العمق أو فى عرض القاع فى مسافة لا تقل عن ٣,٠ متر مع عمل انحدار بسيط يكفى لعدم نحر القاع ويحسن تغيير إما عرض القاع وإما عمقه إلا إذا اضطر لتغيير الإثنين معا و

٦ - عند اتصال مصرف بآخر أكبر حجما لابد أن يكون منسوب قاعيهما واحدا مما يستلزم أحيانا عمل انحدار مناسب لقاع المصرف الأصغر والذى قد يكون قاعه أعلى من قاع المصرف الأكبر .

الميول الجانبية :

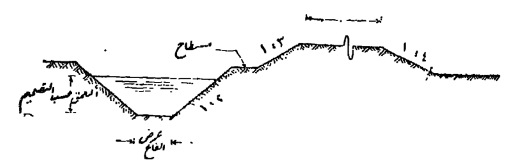
تعتمد الميول الجانبية على :

١ - بناء وقوام التربة وطبقاتها التى يخترقها قطاع المصرف ،

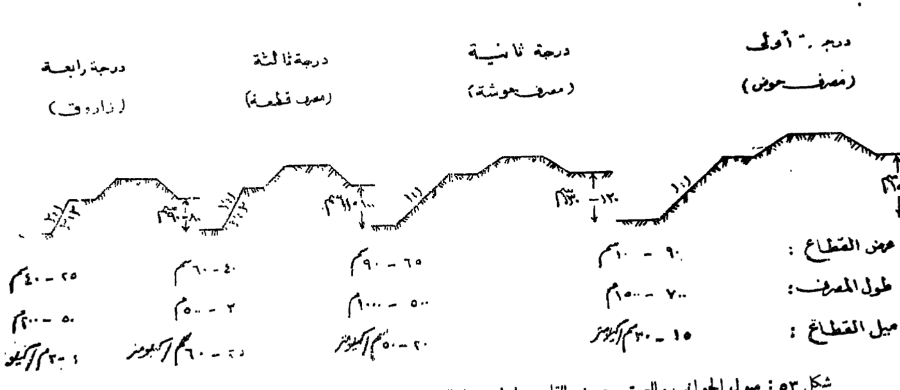
٢ ـ مقاومة الجوانب والجسور للنحر و

٣ ـ الثبات ضد الانجراف (Stability to caving) وذلك بعمل ميل أتربة الجسور بزوايا أقل من زاوية الراحة (Angle of repose) التى لاتنهار عندها الأتربة لأى سبب . وكذلك يجب أن تكون قوى القص لوحدة المساحة (Shearing stresses) مع أخذ معامل أمان (Factor of safety) كاف لاسيما أن صفات التربة معرضة للتغير من مكان لآخر ومن زمن لآخر عندما تختلف كمية الرطوبة بها حسب منسوب المياه بقطاع المصرف ، مما يستلزم أن تكون الميول الجانبية أكبر من زاوية الراحة للتربة المشبعة بالمياه وذلك للجزء ذو المنسوب تحت منسوب المياه أما الجزء فوق منسوب المياه فالميول ترتبط بزاوية الراحة للتربة الجافة .

وشكل ٥٢ يبين قطاع نموذجى مبينا عليه الميول الجانبية التى قد تتغير حسب نوع كل تربة فنى ، الأراضى الطينية الثقيلة وفى أراضى البيت ذات التركيب النسيجى (Fiberous peat) قد تقف الميول الجانبية رأسية تقريبا لسنوات عدة ، أما فى الأراضى السلتية فإن الميول تعمل ½ ١ : ١ أو أكثر انبساطا ، كذلك فى الأراضى الوملية فتعمل ميول الجوانب ٢ أو ٣ : ١ أو أكثر انبساطا إذا استدعى الأمر



شكل ٥٢ : قطاع نموذجى لمصرف مكشوف



شكل ٥٣ : ميول الجوانب والعمق وعرض القاع وطول وميل القاع المعتاد تنفيذها للمصارف من الدرجة الأولى إلى الرابعة

ذلك . وكلما زادت حدة ميول الجوانب ووقوفها كلما ساء ذلك على تمايل الجوانب فى الأجزاء الرخوة مما قد يؤدى إلى انسداد المصرف وبالتالى يعوق سير المياه أو يعترض تدفقها ويقلل كفاءة المصرف .

وفى المناطق التى يجب أن تسير فيها معدات الميكنة الزراعية عبر المصارف فتعمل الميول الجانبية للمصارف بحيث لا تقل عن ٨ : ١ إلا إذا كانت عمليات الميكنة الزراعية متوازية فقد تصل الميول الجانبية إلى ٤ : ١ .

وشكل ٥٣ يعطى ميول الجوانب والعمق وعرض القاع وطول وميل القاع المعتاد تنفيذها للمصارف من الدرجة الأولى حتى الرابعة .

وقد يؤدى تسرب المياه من الأراضى الزراعية المجاورة إلى انهيار جوانب المصارف لذلك يجب أن يكون ميل خط الرشح ما بين ٥ : ١ و ٧ : ١ .

وجدول ١٥ ـ أ يعطى بعض قيم الميول الجانبية لأنواع مختلفة من التربة .

Soil	Side Slopes
Sand	3 : 1
Loam and clay loam	$\frac{1}{2}$: 1 - $1\frac{1}{2}$: 1
Peat, muck, sand and loose soils ..	1 : 1
Field lateral ditches for silt, clay and muck under 1.0 m. deep	$\frac{1}{4}$: 1

جدول ١٥ ـ أ : بعض قيم الميول الجانبية لأنواع مختلفة من التربة

ويوصى اتشفرى (Etcheverry, B. A.) بالميول الجاذبية المعطاة بالجدول الآتى وهى قيم عملية أكثر من القيم عاليه :

Soil	Side Slopes	
	Shallow Channels up ot 4 feet	Deep Channels 4 feet and over
Peat and muck	Vertical	1/4 : 1
Heavy clay	1/2 : 1	1 : 1
Clay or silt loam	1 : 1	1 1/2 : 1
Sandy loam	1 1/2 : 1	2 : 1
Loose sand	2 : 1	3 : 1

جدول ٥١ - ب : بعض قيم الميول الجانبية لأنواع مختلفة من التربة

الدياجرام المائى

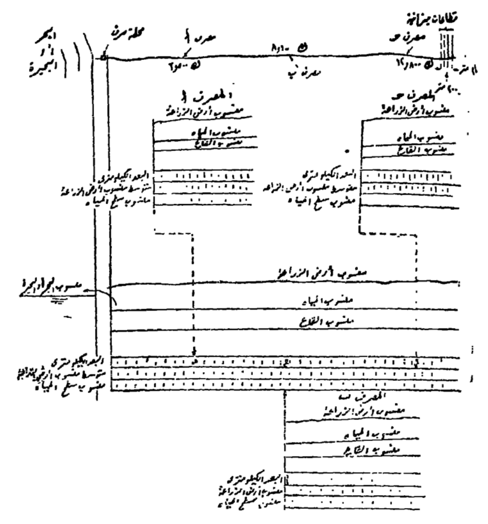
Water or Synoptic Diagram

يمثل الدياجرام المائى كما بين هو بشكل ٩٤ ملخص عام للمعلومات اللازمة لأى مصرف رئيسى وما يصب فيه من مصارف فرعية ، ولرسم هذا الدياجرام تعمل قطاعات طولية لجميع المصارف يبين عليها الآتى :

١ - البعد الكيلومترى لتحديد أماكن القطاعات العرضية ،

٢ - مناسيب أرض الزراعة أيمن وأيسر كل مصرف ويمكن تحديدها بعمل قطاعات عرضية على أبعاد ٢٠٠ متر أو أكثر ،

٣ - مناسيب سطح المياه وانحدارتها فى المصارف المختلفة كى يمكن الربط بينها وعمل التعديلات الممكنة لتحسين صرف المساحة المار بها المصرف الرئيسى وفروعه ،



شكل ٤٥ الدياجرام المائي لمصرف رئيسي وثلاثة مصارف فرعية تصب فيه.

٤ ـ مناسيب قاع المصرف وانحداراته إن أمكن و

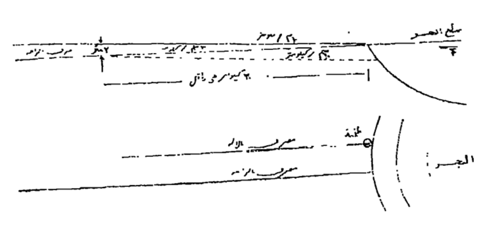
٥ ـ أي بيانات عن الأعمال الصناعية أو ملحوظات من الطبيعة .

وفائدة مثل هذه الدياجرامات هو ربط شبكة الصرف والنظر إليها كشروع متكامل لإمكان تحسين الصرف في بعض أجزاء شبكة الصرف وعلاج مشاكل البعض الآخر ، فمثلا إذا وجد أن منسوب المياه بمصرف فرعي ما عند لقائه مع المصرف الرئيسي ـ أعلى كثيرا من منسوب سطح المياه بالأخير أمكن تلافي ـ

حدوث أى ضرر علاوة على تحسين الصرف بخفض المنسوب عن طريق تعميق المصرف الفرعى .

مثال آخر : إذا كانت المياه بمصرف فرعى أوطى منها فى المصرف الرئيسى فقد يستدعى الأمر استعمال طلمبة لرفع المياه من المصرف الفرعى إلى المصرف الرئيسى .

وقد يضطر الأمر إلى إنشاء مصرفين رئيسيين أحدهما ترفع مياهه بالآلة إلى البحر أو إلى حيث تلتقى مياه الصرف فى النهاية . والآخر بالراحة كما هو موضح بشكل ٥٥ .



شكل ٥٥ : مصرف بالآلة وآخر بالراحة يصبان فى البحر

قطاعات المصارف

اولا : أشكال القطاعات :

قد يأخذ قطاع المصرف عدة أشكال كالآتى:

١ - شكل (V) : - ويستعمل حيث الحاجة لنواتج الحفر من أجل ردم أى منخفضات أو فجوج بالمساحة والمساعدة فى أعمال تسوية سطح الأرض ، كما

يستعمل فى المزارع الآلية حيث تستخدم وسائل الميكنة فى أعمال الخدمة الزراعية ،

٢ - شكل (W) (أى) (Twin-type channels or W - ditches) :-
حيث يوضع ناتج الحفر بين المجريين المائيين إن وجد وقد تبلغ المسافة بينهما ٩ متر إذا بلغ العمق حوالى ٢٥ سم . ويكثر استعمال هذا النوع حيث الانحدار بسيط وتجاه المصرف وتعدل الميول الجانبية من ٨ : ١ إلى ١٠ : ١ حتى يمكن للآلات الزراعية عبورها ،

٣ - شكل دائرى :- وهو أكفأ القطاعات من الوجهة الهيدروليكية إذ له أقل مساحة وأقل محيط ، ولذا يسمى أحسن شكل (Best form) غير أن هنـــاك عوامل أخرى من الضرورى أخذها فى الاعتبار عند تصميم مثل هذا القاع كصعوبة الإنشاء والتنفيذ ، ومنها العوامل الاقتصادية والصيانة ،

٤ - شكل شبة منحرف :- كما سبق بيانه فى شكل ٢٥ وهو مناسب للأعمال الترابية ،
٥ - شكل مستطيل ،
٦ - قطاع على شكل بيضاوى (Oval Egg - shaped) ،
٧ - قطاع على شكل حدوة حصان (Horse shoe) و
٨ - قطاع نصف دائرى .

ولابد لقطاعات المصارف (أو قنوات الرى) أن تكون :



شكل ٥٦ · بعض أشكال قطاعات المصارف (أو قنوات الرى)

ا ـ ذات كفاءة عالية (Efficient) بمعنى أن يكون الفقد من المياه أثناء توصيلها ـ أقل ما يمكن سواء بسبب البخر أو الرشح أو التخلل و

ب ـ اقتصادية بالنسبة لكل من تكاليف إنشائها وصيانتها . من أجل ذلك ينبغى لمساحة القطـــاع ولمحيطه المبتل أن يكونا أقل ما يمكن (Minimum)، وللاقتصاد فى صيانة القطاع لابد من :

١ ـ منع حدوث أى إطماء أو ترسيب للمواد العالقة بالمياء، ويحدث ذلك إذا :

$$F = V/\sqrt{gd} = 1 \qquad \cdots[13]$$

حيث : F : رقم فراود .Froude No ،

v : السرعة ،

g : عجلة الجاذبية الأرضية و

d : عمق المياه بالقطاع .

٢ ـ منع حدوث أى نحر للقطاع و

٣ ـ منع نمو أى حشائش بالقطاع .

أما كى تكون كل من مساحة القطـاع ومحيطه المبتل أقل ما يمكن فى حالة الشكل شبه المنحرف، فلابد أن يكون نصف العرض العلوى للقطاع مساويا لطول أحد الجوانب أى :

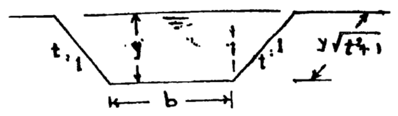
$$\frac{b}{2} + t\,y = y\sqrt{t^2 + 1} \qquad \cdots[14]$$

حيث :

b = عرض القاع ،

(t:1) = ميل الجوانب و

y = ارتفاع المياه فى القاع .



شكل ٥٧ : قطاع مصرف على شكل شبه منحرف مبينا عليه أبعاده .

وكمية المياه فى أى قطاع من القطاعات المشار اليها بعاليه تعتمد على ميل أو انحدار قاع المصرف ، علاوة على شكل المصرف الذى يحدده غالبا قوام التربة، وكذلك تعتمد كمية المياه على أبعاد القطاع وخشونة التربة التى يمر بها القطاع أو المواد التى ينشأ منها سواء الخرسانة العادية أو المسلحة أو الطوب أو الحجر أو مبطن بالأسمنت أو الأسفلت أو الطين .

ومثال ذلك أن كمية المياه المارة بقطاع معين تزداد بزيادة عمق المياه المارة به، وبزيادة انحدار سطح الماء، وكذلك فإن كمية المياه المارة بقطاع فى تربة حجرية أو زلطية مثلا أى خشنة السطح قد تصل إلى نصف الكمية إذا كان نفس القطاع مبطنا بالخرسانة . ولا ننسى أن خشونة السطح تفيد كثيرا فى بعض الحالات التى يكون فيها الانحدار كبيرا جدا ويراد خفض السرعة :

وكمية مياه الصرف يحددها الآتى :

١ ـ كمية الأمطار ، ٢ ـ حجم المساحة المراد صرفها ،

٣ ـ طبوغرافية المنطقة ، ٤ ـ خواص التربة ،

٥ ـ النباتات المنزرعة ، ٦ ـ الاحتياجات الغسيلية ،

٧ - درجة الحماية المطلوبة للمنطقة عما يحدد الوقت اللازم لصرف المياه والسرعة الواجب التخلص بها من المياه قبل حدوث أى أضرار أو لتفادى ما يمكن منها و

٨ - تكرار حدوث المد والجزر أو الفيضانات سواء من الأنهار أو البحار أو المحيطات أو البحيرات .

وما زالت الحاجة ملحة لتحديد كثير من العوامل السابقة بالدقة الكافية واللازمة لتصميم قطاع المصرف، غير أن المصمم لابد له أن يعتمد كثيرا على تجربته وحكمته إلى حد كبير .

ويستعمل القطاع على شكل شبه المنحرف كثيرا لسهولة تنفيذه لاسيما فى الأعمال الترابية ، وينشأ له مسطاح بمنسوب أرض الزراعة وبعرض مناسب حسب العمق غير أن الاتجاه الحديث هو عدم إنشاء مثل هذا المسطاح لإزالة عدم ثبات التربة أو لتفادى أى أضرار ناتجة عن أحمال أتربة الردم . كما ينشأ جسر عال على جانب واحد أو على جانبي القطاع وبعد قمته العليا مباشرة.

ثانيا - فوائد عمل الجسر والمسطاح :

١ - إعداد المنطقة بالطرق اللازمة لأعمال تسويق الحاصلات الزراعية والنقل وأعمال الميكنة وإدارة المزرعة ،

٢ - تفادى نقل أتربة التطهير فى المستقبل مما يكلف كثيرا وليس بالوسيلة العملية التخلص منها ،

٣ - تفادى دخول المياه السطحية إلى المجارى المائية إلا حيث أعد التصميم لذلك ،

٤ - استعمال المسطاح كمكان لتشغيل ماكينات الحفر والتطهير (Ditching machines) ،

٥ - تقليل تراكم المياه وما قد ينشأ عن ذلك من روائح كريهة وانتشار الأمراض و

٦ - تفادى تهايل الأتربة إلى المصرف بعد إنشائه .

ثالثا - حساب أبعاد قطاع المصرف وتصرفه :

ا - بالنسبة لمصارف الدرجة الرابعة (أو الزوراريق) :

لا يعمل لها حساب هيدروليكى وذلك لصغر حجم القطاع المطلوب نظريا ، ولذلك تؤخذ أبعاد قطاعاتها كالآتى :

عرض القاع : من ٣٠ إلى ٧٠ سم ويعتمد ذلك على نوع آلات الحفر والصيانة المستعملة محليا ،

عمق الحفر (من سطح الأرض): من ٩٠ إلى ١٥٠ سم ويحدده عادة منسوب المياه الأرضية المطلوب الوصول إليه ،

عرض المسطاح : من صفر إلى ٥٠ سم و

الميول الجانبية : من $\frac{3}{4}$: ١ إلى ٣ : ٢ .

وتوضع نواتج الحفر عادة على الجانبين بالتساوى .

ب - بالنسبة للمصارف ذات الحجم الكبير :

وأصعب حالة تصميم هى حيث يتلقى المصرف مياهه من بعض المصارف الفرعية علاوة على مياه المزرعة ومياه الفيضانات، وحيث يستقبل المياه الأرضية فى ذات الوقت ، إذ يجب فى هذه الحالة :

أن يكون المصرف عميقا بالدرجة الكافية لتدفق المياه الأرضية مما يستوجب أن يكون سطح المياه بالمصرف أوطى من سطح الماء الأرضى ، وكلما زاد عمق المصرف كلما زادت مساحة تأثير المصرف ،

٢ـ أن يكون منسوب سطح المياه بالمصرف أوطى من منسوب المياه بنهايات الفروع التى تصب فيه و

٣ـ أن يكون قطاع المصرف كاف لحمل مياه الفيضان ، مع مراعاة قصر الفترة التى قد يحدث فيها ارتفاع لمنسوب المياه بالمصرف وقت الفيضان ، وإلا قد يكون اقتصاديا عمل مصرف مستقل لذلك . ولا داعى لإضافة أى تصرف زائد نتيجة الرى ـ لكل ذلك إن وجد .

أما بالنسبة للمصارف المجمعة فلابد لقطاعاتها أن تكون كافية لأى مياه زائدة نتيجة المياه الأرضية، وكذلك أى فائض من ميـاه الرى (Irrigation Surface waste) ، علاوة على السيول (Estimated storm flow) ، يضاف إلى ذلك كميات المياه التى يتلقاها المصرف المجمع من المصارف القاطعة (intercép or drains) أو مصارف التخفيف (Relief drains) .

ويلزم لتحديد قطاع المصرف علاوة على التصرف المار به ـ معرفة السرعة المتوسطة للمياه والتى تحسب من قانون ماننج (Manning) كما سيأتى ذكره .

ويحسب التصرف المار بالمصرف كحاصل ضرب الزمام المركب على المصرف فى معامل الصرف . وبعد تحديد أبعاد قطاع المصرف وتقريبها إلى ماسينفذ فعلا بالطبيعة ، يجب حساب السرعة المتوسطة الفعلية ، ومراعاة ألا تكون عالية حتى لاتسبب أى نحر أو تهايل للجوانب والقاع ، وألا تكون منخفضة فتسبب إطماء المصرف وتزايد نمو الأعشاب به ، وبالتالى ارتفاع مناسيب المياه فى المصارف

عن المناسيب التصميمية أو المقررة لها، ويجب عمل الدراسات اللازمة لكل منطقة من أجل تحديد السرعات المناسبة التى تعتمد على نوع التربة ، وعلى المياه ونوعها وكميتها بالإضافة إلى شكل القطاع .

وباختصار فإنه يمكن تحديد أبعاد قطاع المصرف كالآتى :

التصرف (Q) = معامل التصرف × الوسام .... (١٥)

ويراعى تحويل وحدات التصرف (Q) إلى م٣ / ثانية حتى تكون مماثلة لوحدات السرعة (V) متر / ثانية .

وبتطبيق معادلة ماننج :

$$Q = \frac{1}{n} m^{2/3} i^{1/2} . a = V.a \qquad \cdots(16)$$

حيث :

$(\frac{1}{n})$: معامل ماننج أو ،

n : معامل الخشونة،

m : نصف القطر الهيدروليكى Hydraulic radius تساوى:

$$m = \frac{a}{p} \qquad \cdots(17)$$

v : السرعة المتوسطة ،

a : مساحة قطاع المصرف،

p : المحيط المبتل لقطاع المصرف و

i : الانحدار أو الميل الهيدروليكى ويساوى عادة انحدار سطح المياه بالمصرف أو انحدار القاع .

وتتحدد مساحة قطاع المصرف (a) بعرض القاع (b)، وارتفاع المياه به (d) والميول الجانبية للقطاع والسابق الإشارة لها بشكل ٥٧ (1 : t) فى حالة شبه المنحرف، كما تتحدد مساحة القطاع بنصف القطر وارتفاع المياه إذا أخذ القطاع الشكل الدائرى ، أو بالميول الجانبية وارتفاع المياه إذا أخذ القطاع شكل (V) أو (W) .

ولحل المعادلة ١٦ التى يمكن إيجاد جميع حدودها بالأرقام ماعدا مجهولين هما عرض القاع والارتفاع فى حالة شبه المنحرف ، لابد من معادلة ثانية نوردها بعد الجدول الآتى لبعض قيم معامل الخشونة :

حالة القاع	(n)
مبطن بالخرسانة	٠,٠٢٢ - ٠,٠١٢
« بالطوب	٠,٠١٧ - ٠,٠١٤
« بالأسفلت	٠,٠١٦ - ٠,٠١٣
« بالخشب	٠,٠١٢ - ٠,٠١١
نظيف ومنشأ حديثا والقطاع منتظم	٠,٠١٨ - ٠,٠١٦
تعرض لعوامل بيئية	٠,٠٢٠ - ٠,٠١٨
ذو حشائش قصيرة	٠,٠٢٧ - ٠,٠٢٢
التربة زلطية والقطاع منتظم ونظيف	٠,٠٢٥ - ٠,٠٢٢
ترابى به بعض الحشائش	٠,٠٣٠ - ٠,٠٢٥
ترابى به حشائش كثيفة	٠,٠٣٥ - ٠,٠٣٠
ترابى والقطاع غير منتظم وغير مطهر	٠,١٤٠ - ٠,٠٨٠

جدول ١٦ : بعض قيم ( ) فى حالات مختلفة لقطاع المصرف .

والمعادلة الثانية التى يمكن بها مع المعادلة ١٦ حل المجهولين (d) ، (b) هى :

(ا) إذا كان عرض القاع يساوى أو أقل من ٢ متر :

$$d = (0.9 \longrightarrow 1.0)\, b \qquad \ldots [18]$$

(ب) إذا كان عرض القاع أكبر من ٢ متر فإن :

$$d = (1.45 \longrightarrow 1.75)\, b^{1/3} \qquad \ldots [19]$$

وكلما كان المصرف ضحلا كلما فضل الاقتراب من النهاية الصغرى للأرقام بين الأقواس .

وفى حالة الحاجة إلى عرض قاع كبير جدا للمصرف من أجل مواجهة الفيضانات أو السيول، ينشأ بقاع المصرف ما يسمى (Pilot channel) أو مصرف داخل مصرف، ذو كفاءة كافية للصرف العادى، واتثبيت قاع المصرف الكبير بالإبقاء عليه جافا طوال العام، فيما عدا فترات الفيضانات أو السيول وبذلك تقل تكاليف الصيانة .

وبعد تحديد أبعاد القطاع وتقريبها إلى الأرقام التى ستنفذ بها فعلا فى الطبيعة لابد من تحديد السرعة المتوسطة الفعلية، حتى إذا لم تكن فى الحدود المسموح بها أعيد الحساب ثانية مع بعض التغييرات فى قيم (i) أو (n) أو غيرها .

وتحدد السرعة إما من المعادلة ١٦ أو من معادلة إليوت (Elliott) :

$$v = \left(\frac{a}{p} \times 1.5\, i\right)^{1/2} \qquad \ldots [20]$$

حيث :

v : السرعة المتوسطة بالقطاع (قدم/ثانية)،

a : مساحة القطاع (قدم مربع) ،

p : المحيط المبتل (قدم) و

i : انحدار أو ميل قاع المصرف (قدم/ميل) .

والجدول الآتى يعطى العلاقات بين عرض القاع وعمقه لميول جانبية مختلفة حيث يمكن الحصول على الكفاءة العظمى للقطاع :

الميول الجانبية	صفر	١ : $\frac{1}{4}$	١ : $\frac{1}{2}$	١ : ١	١ : ١$\frac{1}{2}$	١ : ٢	١ : ٣	١ : ٤
عرض القطاع / العمق	٢	١,٥٦	١,٢٤	٠,٨٣	٠,٦١	٠,٤٧	٠,٣٢	٠,٢٥

جدول ١٧ : العلاقات بين عرض القاع وعمقه لميول جانبية مختلفة من أجل الكفاءة العظمى لقطاع المصرف .

والجدول الآتى يعطى السرعات المسموح بها حسب ما يتبع بمكتب الاستصلاح الأمريكى (Bureau of Reclamation) :

(التربـــة)	السرعـــة متر / ثانية
طين (Stiff clay)	١,٢٢
طمى رملى	٠,٧٦
تربة رملية خفيفة	٠,٤٦

جدول ١٨ : بعض السرعات المسموح بها حسب المتبع بمكتب الاستصلاح الامريكى .

كذلك يعطى الجدول الآتى بعض السرعات المسموح بها فى حالات أخرى مختلفة :

Original material excavated from drain	Velocity after aging drains carrying :		
	Clear water (no detritus)	Water transporting colloidal silts	Water transporting non colloidal silts, sands, gravels or rock fragments
	m./sec.	m./sec.	m./sec.
Fine sands (noncolloidal)	0·45	0·75	0·45
Sandy loam ")	0·50	0.75	0·60
Silt oam ( )	0·60	0·90	0·60
Alluvial silt	0·60	1·05	0·60
Ordinary firm loam	0 75	1·05	0·70
Volcanic ash	0·75	1·05	0·60
Fine gravel	0·75	1·50	1·10
Stiff clay (very colloidal)	1·10	1,50	0.90
Graded, loam to cobbles when noncollidal	1·10	1·50	1·50
Alluvial silts (colloidal)	1·10	1·50	0·90
Graded silt to cobbles when colloidal	1·20	1·65	1·50
Coarse gravel (noncolloidal) ..	1·20	1·80	1 95
Cobbles and shingles	1·50	1·65	1·95
hales and hardpans	1·80	1·80	1·50

جدول ١٩ : بعض قيم السرعات المسموح بها حسب نوع التربة.

هـ ـ تحديد التصرف فى حالة الجريان السطحى :

١ ـ جريان المياه السطحى بفعل العواصف المطرية (Storm runoff) :

تسقط الأمطار على الأرض والمساحات المائية بالمنطقة المراد صرفها ومن هذه المياه :

ـ جزء يتبخر أثناء سقوط الأمطار ،

ـ جزء يتسرب إلى طبقات التربة المختلفة مكملاً لسعتها الحقلية ثم إلى المصارف إن وجدت ـ أى كمية المياه التى تزيد عن السعة الحقلية ـ أو إلى الماء الأرضى فى حالة عدم وجود مصارف ،

ـ جزء يملأ المنخفضات والخدوش على سطح الأرض و

ـ الباقى ينساب على سطح الأرض وهو ما يسمى بالجريان السطحى (Runoff) .

والمطلوب تحديد كميته لتصميم قطاع المصرف علاوة على أى كميات أخرى من المياه . ويتضح من ذلك أن معدل الجريان السطحى (Rate of runoff) يتغير بتغير معدل سقوط الأمطار والبخر والنتح، وتغير معدل تخلل الماء لسطح الأرض وبالتالى طبيعة سطح الأرض ومدى خشونة ونعومة السطح، علاوة على نوع الغطاء النباتى وتوزيعه وحالة نموه، بالإضافة إلى مسامية طبقات التربة المختلفة ومحتواها الرطوبى التى تؤثر على الرشح العميق وسعة التربة التخزينية وكذلك على السعة التخزينية المؤقتة والثابتة لسطح الأرض (Temporary and permanent surface storage) ، كما يتغير معدل الجريان السطحى من

وقت لآخر حسب اختلاف العوامل السابقة بالإضافة إلى انحدار وحجم وشكل المساحة المراد صرفهـــا وما تحتويه من مجارى مائية، وكذلك على خـــواصها الهيدروليكية .

٢ ـ شدة المطر وفترة استمراره وتردده (أو فترة عودته) :

:(Rainfall intensity - Duration - Frequency or Return period)

يقصد بشدة المطر معدل سقوط أو نزول المطر ، وتقدر عادة بالبوصة أو السنتيمتر أو المليمتر فى الساعة ،وذلك على الرغم من أن كمية المطر قد تكون هطلت أو استمرت فى السقوط لفترة أقل من الساعة . ويعبر عن التردد باحتمال حدوث هطول الأمطار ذات الشدة المعينة أو أكبر منها . وكثيرا ما يؤخذ فى الاعتبار تردد من ٥-١٥ سنة (5—15 years frequency storm) فى حساب تصميم قطاعات المصارف وما يتصل بها من مشروعات هندسية ، وقد يعبر عن التردد بمتوسط الفترة بين شدتين مختلفتين لنزول الأمطار ولذلك تحـــدد فترة استمرار هطول الأمطار عند ذكر ترددها، إذ أن شدة المطر قد تختلف حسب فترة استمرار المطر .

٣ ـ معايير الفائض (Run - off modulus):

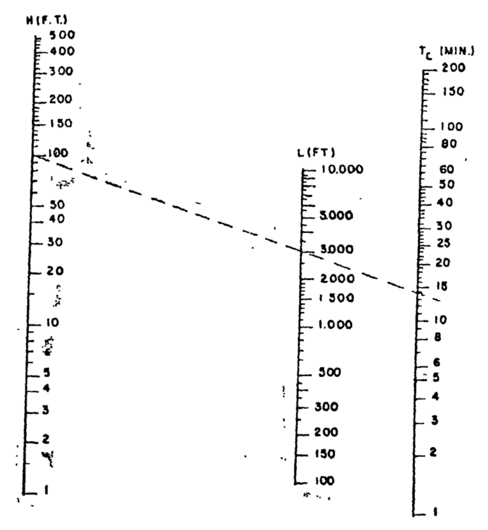
وهو عمق الماء فوق مساحة معينة والذى يجب صرفه خلال ٢٤ ساعة، وهو مقياس لأكبر مدى تتحرك به المياه إلى المصارف ، ويبلغ أقصى قيمة بعد الرى أو بعد أكبر شدة مطر بزمن من ٥ ـ ١٠ ساعات .

٤ ـ فترة التركيز (Time of concentration Tc) :

وهو الزمن اللازم لوصول المياه من أبعد نقطة فى المنطقة المراد صرفها إلى

مخرج المياه بعيدا عنها، وهى تساوى فترة هطول الأمطار بالدقائق التى تسبب أقصى جريان سطحى للمياه، ولذلك تعتمد فترة التركيز على حجم وشكل المساحة المطلوب صرفها وانحدار سطح الأرض ونوعه وكذلك يعتمد على شدة هطول الأمطار وحسبما يكون تدفق المياه على سطح الأرض أو خلال قنوات صغيرة الحجم أو كبيرة وغير ذلك من عوامل .

ويمكن تحديد التركيز من النوموجرام بشكل ٥٨ إذا أمكن إيجاد طول



شكل ٥٨ : نوجرام لتحديد قيمة (T_c) بمعرفة (L) و (H) .

المساحة المراد صرفها (L) والفرق بين منسوب أبعد نقطة بالمساحة عن مخرج المياه ، ومنسوب المياه بهذا المخرج أو بعبارة أخرى ارتفاع أبعد نقطة بالمساحة عن مخرج المياه منها وهو ما يرمز له بالحرف (H) فى الشكل. وبعـــد تحديد القيمتين (L) ، (H) على نظائرهما بالشكل يوصل خط مابين النقطتين الممثلتين ويمد الخط حتى يلاقى الرأسى الممثل لقيم (T_c) عند نقطة تحدد قيمة (T_c) المناظرة لـ (L) ، (H) السابق تعيينهما . فمثلا لو فرض أن H = ١٠٠ قدم ، L = ٣٠٠٠ قدم نجد أنه بعد رسم الخط الموصل بين هاتين القيمتين ومده T_c = ١٤ دقيقة .

قيم (T_c) التى تحدد من النوموجرام السابق هى لأراض طبيعية ليس عليها مزروعات أو أرض عليها حشائش قصيرة جدا . أما فى حالة الأراضى المزروعة حشائش عالية فتضرب هذه القيم فى ٢ .

ويعطى الجدول الآتى بعض القيم لـ (T_c) فى حالة منطقة انحـــدارها ٥ ٪ وطولها حوالى ضعف عرضها المتوسط : ـ

مساحة المنطقة (إيكر)	١	٣	٥	١٠	٥٠	١٠٠	٤٠٠	٦٠٠	١٠٠٠
(T_c) بالدقائق	١,٤	٣	٣,٥	٤	١٢	١٧	٣٥	٤٧	٧٥

جدول ٢٠ : بعض قيم لـ (T_c) لمنطقة انحدارها ٥ ٪ وطولها حوالى ضعف عرضها المتوسط .

٥ ـ الطريقة المنطقية أو السببية (Rational method) : ـ

وتستعمل إذا كانت المساحة المراد صرفهـــا أقل من ٢٠٠ فدان . أما إذا زادت المساحة عن ذلك فيمكن استعمال الطرق التى شرحها بوتر (Potter)

ودالريمبل (Dalrymple) وغيرهما وإن كان من الممكن استعمال الطريقة المنطقية أيضا .

والملاحظ أن هذا التحديد ليس دقيقا وقد يعطى فروقا كبيرة عند استعمال عدة طرق ، لذلك لابد من الرجوع إلى البيانات الفعلية من الحقل لإمكان الحكم على أصح هذه الطرق وأفضلها استعمالا . وفى حالة الطريقة المنطقية تستعمل المعادلة الآتية لإيجاد أقصى معدل الجريان السطحى :

$$Q = C I_{max} A \qquad [21]$$

حيث :

Q : أقصى معدل الجريان السطحى (Peak rate of runoff) أو معاير الفائض (Drainage modulus) بالقدم/ثانية ،

C : نسبة عدم النفاذية أو المنادة (Inperviousness) للمساحة وهو معامل لمعرفة الفاقد من المياه يسمى بمعامل الجريان السطحى المصحح "Weighted runoff coefficient (average of coefficients to the different types of contributing areas) ".

$$C = \frac{\text{أقصى معدل الجريان السطحى لتردد معين}}{\text{متوسط شدة المطر عند نفس التردد}} \qquad (٢٢)$$

وتعتمد قيم (C) على المساحة النسبية ومزايا وميل سطح الأرض ويعطى الجدول ٢١ بعض قيم (C) فى مساحات مختلفة تسمح بإدخال العوامل المؤثرة على (Q) ،

A : المساحة المراد صرفها بالإيكر ويمكن تحديدها بمسح المنطقة المراد صرفها و

I_{max} : شدة المطر القصوى بالبوصة فى الساعة لفترة التركيز الخاصة بالمساحة.

نوع السطح	C
أرض عراء (Bare earth)	٠,٢ - ٠,٩
أرض مزروعة مراعى وانحدارها حوالى ٢ : ١	٠,٥ - ٠,٧
مراعى مغطاة بكثافة (Turf meadows)...	٠,١ - ٠,٤
مساحات مغطاة بالغابات	٠,١ - ٠,٣
حقول مزروعة	٠,٢ - ٠,٤

جدول ٢١ : بعض قيم (C) لأسطح مختلفة من الأرض.

وقد عملت تعديلات كثيرة للمعادلة ٢١ إلا أن البيانات الواجب الحصول عليها لعمل هذه التعديلات لا تشجع الدخول فى تفاصيلها.

مثـــال :

مساحة طولها ٦١٠ قدم وعرضها ١٥٠ قدم تقع على مرتفع ، يراد صرفها علما بأن C = ٠,٣٥ وانحدار سطح الأرض ٠,١٥ ٪ وارتفاع نهاية المرتفع بجوار المصرف يساوى ٤ قدم فوق قاع المصرف. احسب Q.

الحـــــــل :

ارتفاع أبعد نقطة فوق مخرج المياه أى (H) = ٤ + $\frac{٠,١٥}{١٠٠}$ × ٦١٠ = ٤,٩ قدم

من النوموجرام بشكل ٤٥ بتوصيل خط مستقيم بين H = ٤,٩ قدم ، L = ٦١٠ قدم ومد الخط حتى الخط الرأسى الممثل لقيم (T_c) نجد أن فترة التركيز تساوى ٧ دقائق.

المساحة (A) = ٦١٠ × ١٠٠ = ٩١٥٠٠ قدم مربع

$$= \frac{٩١٥٠٠}{٤٣٥٠٠} = ٢,٢ \text{ إيكر}$$

ومن المعادلة ٢١ :

Q = ٠,٤٥ × ٦،٨ × ٢،٢ = ٥،٢ قدم مكعب/ثانية

أى = C × I_{max} × A = تصرف المصرف المطلوب تصميم قطـــاعه .

٦ ـ قانون تالبت (Talbot) :

ويستعمل كثيرا لبساطته ولإعطائه مساحة قطاع المصرف (a) مباشرة والقانون هو :

$$a = C' A^{3/4} \qquad [22]$$

حيث :

a : مساحة قطاع المصرف أو المجرى المائى المطلوب ،

C' : معامل يساوى ⅙ أو ⅓ أو ١ حسب طبيعة سطح المساحة: مستوية أو منحدرة انحدارات بسيطة (Rolling) أو جبلية على التوالى و

A : مساحة المنطقة المراد صرفها بالإيكر .

٧ ـ معادلة بركلى ـ زيجلر (Burkli Ziegler) :

$$Q = A\, I_{av}\, C \left(\frac{i}{A}\right)^{1/4} \qquad \ldots [23]$$

حيث :

Q : التصرف المطلوب حسابه ،

A : مساحة المنطقة المراد صرفها ،

I_{av} : شدة المطر المتوسطة ،

i : انحدار سطح الأرض بالقدم لكل ١٠٠٠ قدم و

C : معامل يعتمد على خواص سطح الأرض ويمكن أخـــذه ٠,٢٥ للأراضى المزرعة .

٨ ـ معادلة مكمات (McMath) :

$$Q = C I i^{1/5} A^{4/5} \qquad \cdots [24]$$

حيث :

Q : التصرف المطلوب حسابه بالقدم المكعب فى الثانية ،

C : معامل يتغير بتغير طبوغرافية المنطقة وكثافة المزروعات وأنواع التربة علاوة على حالة الجريان السطحى كما فى جدول ٢٢ ،

I : معدل سقوط المطر بالبوصة فى الساعة لفترة التركيز والتردد المطلوب حساب التصرف عندهما ،

i : انحدار المصرف أو مجرى المياه بالقدم لكل ١٠٠٠ قدم و

A : المساحة بالإيكر .

وتتراوح قيمة C من ٠,٢ (= ٠,٠٨ + ٠,٠٨ + ٠,٠٤) فى حالة الجريان السطحى المنخفض والوراعـة جيدة الحشائش والتربة الرملية وسطح الأرض المنبسط إلى ٠,٧٥ (= ٠,٣ + ٠,٣ + ٠,١٥) فى حالة الجريان السطحى العالى جدا والأرض عراء أو نادرة المزروعات والتربة الصخرية أو الثقيلة والانحدار كبير جدا . وواضح من الجدول ٢٢ أن (C) تعتمد على النباتات

Runoff conditions	Vegetation	Soils	Topogrophy
Low	0.08 (well grassed)	0.08 (sandy)	0.04 (flat)
Moderate	0.12 (good coverage)	0.12 (light)	0.06 (gently sloping)
Average	0.16 (good to fair)	0.16 (medium)	0.08 (sloping to hilly)
High	0.22 (fair to sparse)	0.22 (heavy)	0.11 (hilly to steep)
Extreme	0.30 (sparse to bare)	0.03 (heavy to rock)	0.15 (steep)

جدول ٢٢ : بعض قيم (C) حسب عوامل الصرف المختلفة التى تعتمد عليها

(Drainage basin factors for determining C)

إذ تزيد بزيادة الغطاء النباتى ، وكذلك تزيد قيم C كلما نعم قوام التربة أى كلما أصبحت ثقيلة علاوة على زيادة انحدار سطح الأرض .

بعض الأعمال الصناعية

نورد الآن بعض الأعمال الصناعية اللازمة لمشروعات الصرف السطحى ومنها أعمال التقاطع (Cross—works) والمداخل (Inlets) والمساقط (Drops) وغيرها . وتصمم لتصرفات تحسب على أساس تردد ٢٥ سنة إلا إذا كانت أهميتها أقل فتصمم لتردد ١٠ سنوات . أما الطرق داخل المزرعة فتصمم لعواصف ترددها ٥ سنوات فقط .

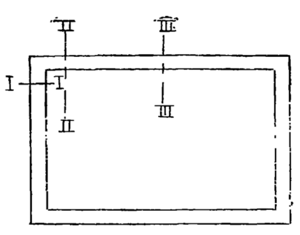
اولا : البرابخ (Culverts) :

ويلجأ إليها لإمرار المياه تحت الطرق أو الجسور، وتنشأ عادة من الطوب أو الحجر أو الخرسانة العادية أو المسلحة (أى التى لاتحتوى أو تحتوى على أسياخ حديدية لتسليحها). وقد تنشأ من مواسير موضوعة فوق فرشة من الخرسانة أو مغموسة فيها . ويعتمد تصميم البربخ على أبعاد ومناسيب المياه والأتربة حوله وعلى الأحمال المتوقع مرورها والأحمال الثابتة، علاوة على طبيعة الأساسات اللازمة والمظهر العام المطلوب ، ويوضع البربخ بحد أعلى ٥٠ ٪ من قطره أو ارتفاعه تحت خط انحدار قاع المجرى المائى .

وأنواع البرابخ كالآتى :

أ ـ برابخ على هيئة صندوق مغلق (Closed box culverts) من الخرسانة :

وأهم ميزاتها بساطة الأعمال اللازمة لإنشائها، والتوزيع العادل أوالمتـ ـزن للأحمال على الأساسات . وتحسب مساحة المقطع بقسمة التصرف المطلوب



شكل ٥٩ : بربخ على هيئة صندوق مغلق

إمراره على سرعة المياه التى تتراوح عادة ما بين ١ و ٢ متر/ثانية. ويراعى عدم زيادة مقدار الفاقد (h_L) عن ١٠ سم ويحسب كالآتى (إذا كان القطـــاع ممتلئا تماما) :

$$h_L = \frac{v^2}{2g}\left(\zeta_i + \zeta_o + f\frac{L}{m}\right) \text{not more than 10 cms} \quad ...[25]$$

حيث :

h_L : الفاقد أى فرق منسوب المياه قبل دخولها وبعد خروجها من البربخ ،

v : السرعة داخل البربخ (من ١ إلى ٢ متر/ ثانية) ،

g : عجلة الجاذبية الأرضية ،

ζ_i : ثابت يعتمد على شكل مدخل البربخ كما هو موضح بشكل ٦٠ ،

ζ_o : ثابت يعتمد على شكل مخرج البربخ ويساوى عادة الوحدة و

f : معامل الاحتكاك ويساوى :ـ

$$f = \alpha\left(1 + \frac{\beta}{m}\right) \quad ...[26]$$

حيث :

α : ثابت يعتمد على مواد الإنشاء ،

β : ثابت يعتمد على مواد الإنشاء ،

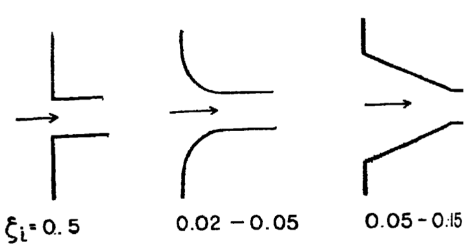
($\alpha = 0.00316$ ، $\beta = 0.0305$ فى حالة الخرسانة

$\alpha = 0.00497$ ، $\beta = 0.0256$ فى حالة الحديد) ،

m : نصف القطر الهيدروليكى أو العمق الهيدروليكى المتوسط وتساوى :

$$m = \frac{A}{P} = \frac{\text{مساحة القطاع}}{\text{المحيط المبتل}} \qquad [27]$$

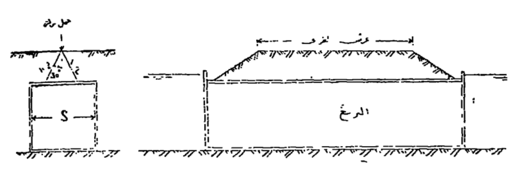
L : طول البربخ



شكل ٦٠ : قيم ζ_i لمداخل برابخ مختلفة .

والنسبة بين عرض البربخ إلى عمقه تعتمد على التصميم المطلوب لملاءمة الموقع. فيختار قطاع مربع إذا أريد الحصول على المساحة العظمى لمحيط معين، ولكن غالبا ما يزيد العرض عن العمق أو الارتفاع كما فى شكل ٥٩ لمنع تراكم المياه عند المدخل. وفى حالة زيادة عرض البربخ عن ضعف ارتفاعه ينشأ البربخ من

عدة عيون . كما أنه قد تقتضى ضرورة الاقتصاد فى تكاليف الإنشاء عمل عرض البربخ أقل من ارتفاعه. إذ يمكن الحصول على أقل مكعبات الإنشاء بعمل الارتفاع مساويا ١٫٢ العرض، بفرض أن مقطع البربخ ممتلىء تماما بالمياه المطلوب إمرارها. أما طول البربخ فيعتمد على عرض الجسر أو الطريق ، وعلى ارتفاع أتربة الردم فوقه التى يؤخذ ميلها ٣ : ٢ عادة والتى يفضل أن يزيد سمكها عن ٨٠سم لتفادى تأثير التغير فى درجات الحرارة .



شكل ٦٩ : قطاع طولى لبربخ وتأثير الأحمال عليه

ويحدد جزء البربخ الذى يتعرض لحمل ما بمستويات ميلها ١ : ٢ أو تعمل زوايا مقدار كل منها ٣٠° مع الرأسى . وقد أثبتت التجارب أن تأثير الأحمال يتلاشى عند أعماق من سطح الطريق تزيد عن ضعف عرض البربخ . أما الأحمال التى يجب أخذها فى الاعتبار فهى الردم فوق البربخ ونصف وزنه والأحمال المتحركة المارة فوق البربخ وتأثير صدماتها، وتؤخذ عادة ١٠٫٠ طن للمتر الطولى، أو وزن أكبر حمل مركز، علاوة على ضغط الأتربة الجانبى بما فوقه من أحمال، بالإضافة إلى الضغط الداخلى على جسم البربخ من المياه . وتحدد عزوم الانثناء (Bending moments) وقوى الدفع (Thrusts) عند القطاعات I — I ، II — II ، III — III (أنظر شكل ٥٩) لتحديد أبعادها وتسليحها .

ب - برابخ على هيئة مواسير

١ - من الخرسانة المسلحة أو العادية :

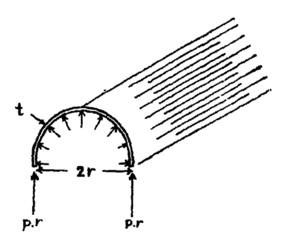
وتصنع بأقطار مختلفة من ١٠سم إلى ٢٠٠ سم وبأطوال متغيرة من ٢,٥متر إلى ٤,٠ متر وتغلف عند وصلاتها بحلب من الخرسانة المسلحة أو العادية، وتسلح المواسير عادة إذا زاد قطرها عن ٤٥سم وتوضع المواسير على فرشة من الخرسانة إذا كانت التربة تحتها ضعيفة ويمكن وضعها مباشرة على التربة الجيدة ، كما أنه لابد من تغطيتها بأتربة لايقل سمكها عن ٥٠ سم لحمايتها من تأثير المرور عليها وتأثير درجة الحرارة .

٢ - مواسير من مواد مختلفة :

لايلجأ إلى المواسير المصنوعة من الزهر فى الأعمال الخاصة بالرى والصرف، بينما تستعمل كثيرا داخل المدن المواسير المعرجة أو المقفعة (Corrugated pipes) لخفة وزنها، لاسيما إذا صنعت من مواد غير قابلة للصدأ. ويمكن التغلب على زيادة معامل الاحتكاك بزيادة قطرها . كما تستعمل مواسير من الحديد الصلب المكونة من شرائح بأطوال قد تصل إلى ٣,٠ متر ويجرى لحامها أو وصلها بموقع العمل، وتوضع هذه المواسير مباشرة على التربة الرملية، أو تصب لها قواعد خرسانية على أبعـــاد حوالى ٣,٠ متر أو على فرشة متصلة فى حالة التربة الضعيفة . ويحسن أن تغلف مثل هذه المواسير بالخرسانة إذا احتوت التربة على أملاح قد تؤدى إلى إيذاء المواسير .

وتصمم المواسير كى تتحمل الضغط الداخلى بينما يصمم الغلاف الخرسانى الخارجى كى يقاوم أى أحمال خارجية .

أ ـ الضغط الداخلى على المواسير :



شكل ٦٢ : الضغط الداخلى على المواسير .

$$f \times 2t \times 1 = p.\ 2r$$

ومنهـــا :

$$t = r \cdot p / f \quad ...[28]$$

حيث :

f : الإجهاد (Working stress) أى القوة لوحدة المساحات ،

p : الضغط الداخلى على جدار الماسورة ،

r : نصف القطر الداخلى للماسورة و

t : سمك جدار الماسورة .

ويضاف إلى السمك (t) ملليمتر واحد من أجل الحماية ضد الصدأ فى حالة استخدام المواسير الحديدية .

وفى حالة استخدام المواسير الخراسانية المسلحة فإنه يلزم لتسليحها أطواق حديد (علاوة على التسليح الطولى) يحدد مقطعها (a) كالآتى:

$$r \cdot p = f \cdot a \qquad ...[29]$$

حيث :

f : هى إجهاد حديد التسليح .

أما الحديد أو التسليح الطولى فيحدد على أساس عزم الانثناء (M) الآتى :

$$M = \frac{w\,l_1^2}{12} = \frac{(p \,.\, b \,.\, l')\,l_1^2}{12} \qquad [30]$$

حيث :

M : عزم الانثناء ،

b : المسافة بين الأسياخ الطولية و

l' : المسافة بين الأطواق و

l_1 : طول الماسورة .

ii ـ الاحمال الراسية الناتجة عن الردم :

وهى تعتمد بالطبع على طبيعة التربة المحيطة بالمواسير وتزيد بزيادة العمق (H)، وعرض الحفرة (B_d) الموضوعة بها المواسير ذات القطر الخارجى (B_c)، كما تعتمد على حالة الردم وصلابة المواسير .

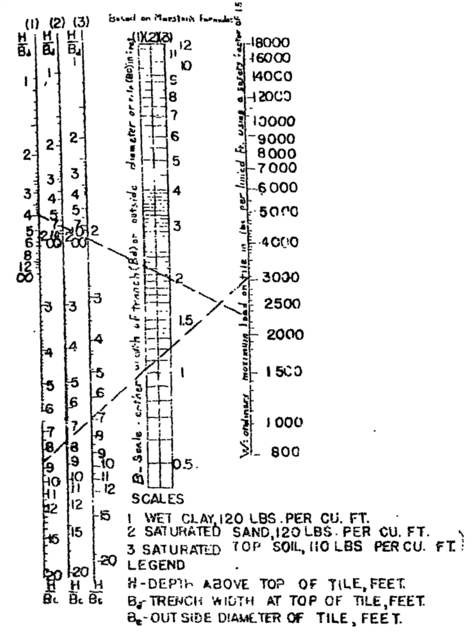
ويمكن إيجاد هذه الأحمال من النوموجرام بشكل ٦٣ وهو مشتق من نوموجرام ميلر ووايس (Miller and Wise) ونوموجرامات شيلفجارد ومساعدوه .

كما يمكن إيجاد الأحمال من النوموجرام بشكل ٦٤ ويستعمله مكتب الاستصلاح الأمريكى والمثال الآتى يوضح طريقة استعماله :

مثـــال :

مصرف مغطى يراد وضعه حيث الحفر عرضة ٢,٢٥ قدم عند أعلى المصرف

NOMOGRAPH FOR CALCULATING LOADS
ON TILE IN NARROW OR WIDE TRENCHES

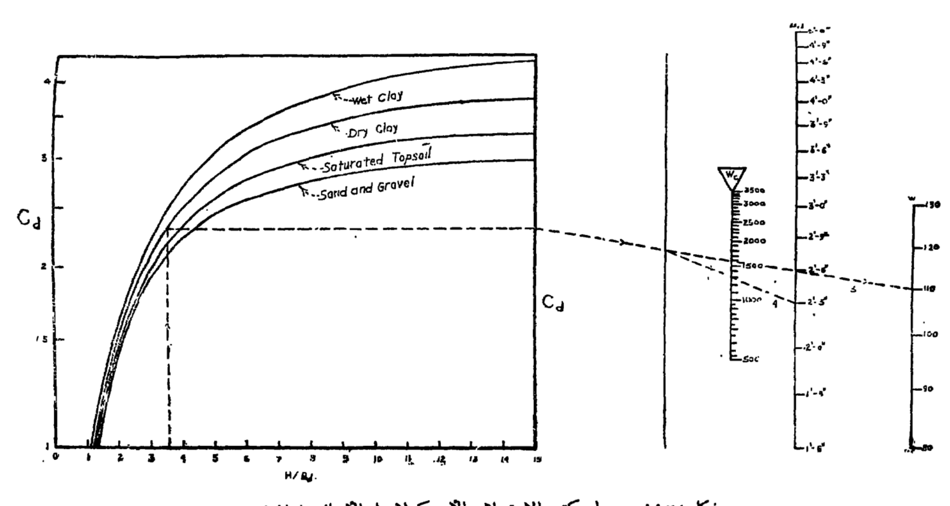


EXPLANATORY

USE THE LESSER VALUE OBTAINED BY SOLVING FOR $\frac{H}{B_d}$ AND $\frac{H}{B_c}$
THE EXAMPLE IS FOR 10-INCH TILE INSTALLED IN A TRENCH 27 INCHES WIDE AND 10 FEET DEEP IN WET CLAY.
THE CORRECT DESIGN LOAD IS 2300 LBS. PER LINEAR FT., NOT 3050 LB.

SOLUTION BY NOMOGRAPH OF MARSTON FORMULA FOR CALCULATING LOADS ON PIPES IN TRENCHES.

شكل ٦٣ : نوموجرام لحساب الأحمال على المواسير فى حالة الحفر الضيق أو الواسع.



شكل ٦٤ : نوموجرام مكتب الاستصلاح الأمريكى لإيجاد الأحمال على المواسير

(B_d) وسمك الردم فوق المصرف (H) يساوى ٨ قدم . ومادة الردم هى الطين الجاف الذى يزن ١١٠ رطل/قدم المكعب (W).

الحـــــل

١ - تحدد قيمة : $\frac{H}{B_d} = \frac{8}{2.25} = 3.55$ ،

٢ - يرسم خط رأسى يمر بالقيمة ٣٫٥٥ حتى يتقابل مع المنحنى الخاص بالطين الجاف ،

٣ - من نقطة التقاطع مع المنحنى يرسم الخط الأفقى الموضح بالرقم (٢) على الشكل حتى يقابل المحور الرأسى الخاص بالمعامل (C_d) ،

٤ - توصل نقطة التقاطع بقيمة (W) على الخط الرأسى بأقصى يمين الشكل كى يقطع الخط الرأسى الخالى من الأرقام و

٥ - توصل نقطة التقاطع السابقة بقيمة (B_d) على الخط الرأسى الخاص بها كى تقطع الخط الخاص بـ (W_c) والمطلوب تحديد قيمتها .

ويراعى أن :

W_c : الحمل الرأسى على المصرف نتيجة الردم (رطل/قدم طولى) ،

C_d : معامل خاص بالحمل (load coefficient) ويعتمد على نوع الردم ،

W : وزن وحدة الردم (رطل/قدم مكعب) ،

B_d : عرض الحفر عند أعلى المصرف بالقدم و

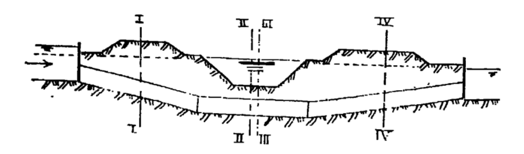
H : ارتفاع الردم فوق المصرف بالقدم .

كذلك يعطى مكتب الاستصلاح الامريكى الجدولين التاليين (٢٣ا ، ٢٣ب) فى حالة التربة المشبعة التى تزن ١٠٠ رطل/قدم مكعب وفى حالة الطين المبلل الذى يزن كذلك ١٠٠ رطل/قدم مكعب . لذلك فإنه فى حالة الردم الاقل وزنا - ٩٠ رطل/قدم مكعب - مثلا تضرب أرقام الجدولين فى ٠٫٩ . بينما فى حالة زيادة وزن الردم ١١٠ رطل/قدم مكعب مثلا فتضرب أرقام الجدولين فى ١٫١ وهكذا

ثانيا : السحارات (Syphons) :

وهى منشآت لإمرار مجارى مائية تحت أخرى وعادة تمر المياه ذات المنسوب الأكثر انخفاضا تحت الأخرى ذات المنسوب المرتفع ، ولكن قد يضطر أحيانا للاقتصاد فى التكاليف إلى إمرار المجرى المائى ذو القطاع الأصغر مساحة أى ذو التصرف الأقل فى السحارة .

وعادة تستعمل السحارات لإمرار مياه المصارف تحت القنوات خلال السحارات ، ولكن قد يحدث العكس إذا كان المصرف ملاحيا . ويلاحظ أنه بعد إنشاء السحارة يظل منسوب الخلف للمياه كما هو أصلا ، بينما يرتفع منسوب المياه فى الأمام بالنسبة لحجز المياه الذى يحدث لوجود السحارة ، والفرق بين منسوب الأمام والخلف يسمى الفاقد (Heading up, h) طالما كان منسوب القاع فى



شكل ٦٥ . قطاع طولى لسحارة تحت مجرى مائى

Loods on drain pipe / linear ft. caused by back filling with various materials.

Saturated [illegible] Weighing 100 lbs/cu. ft.

H = ht. of gi[illegible] abare tap of pipe	B = Trench [illegible] at tap of pipe (ft)								
	1'—6"	1'-9"	2' — 0"	2' — 3"	2' — 6"	2' — 9"	3' — 0"	3' — 6"	4' — 0"
5'	475	590	710	830	945	1060	1170	1420	1650
6'	530	660	795	930	1075	1210	1360	1640	1930
7'	570	720	870	1030	1190	1355	1510	1850	2180
8'	605	770	940	1110	1295	1475	1650	2035	2420
9'	635	810	995	1190	1380	1580	1790	2205	2625
10'	655	845	1015	1255	1470	1685	1910	2350	2830
11'	675	875	1090	1305	1545	1775	2020	2500	3010
12'	690	900	1125	1355	1610	1860	2120	2645	3185
13'	705	920	1160	1400	1665	1930	2205	2770	3340
14'	715	935	1180	1435	1710	1990	2285	2880	3490
15'	720	950	1205	1470	1760	2050	2350	2980	3615

جدول ٢٣ أ : الأحمال على المواسير نتيجة الردم فى حالة تربة سطحية مشبعة .

Wet Clay Weighing 100 lbs/cu. ft.

H = ht. of fill abvre top of pipe	B = Trench width at top of pipe (ft.)								
	1′—6″	1′—9″	2′ — 0″	2′ — 3″	2′ — 6″	2′ — 9″	3′ — 0″	3′ — 6″	4′ — 0″
5	530	645	765	880	1015	1125	1235	1495	1730
6	595	735	875	1015	1160	1290	1460	1725	2030
7	655	810	975	1135	1300	1465	1630	1985	2285
8	705	880	1060	1135	1435	1610	1790	2155	2590
9	745	940	1140	1245	1550	1755	1970	2390	2800
10	785	995	1210	1510	1660	1890	2105	2585	3060
11	815	1055	1275	1590	1755	2005	2260	2770	3265
12	840	1080	1330	1675	1850	2110	2385	2950	2505
13	865	1110	1375	1665	1930	2215	2515	3110	3700
14	885	1145	1420	1705	2010	2305	2620	3250	3890
15	905	1170	1460	1755	2075	2395	2720	3395	4080

جدول ٢٢ ب : الأحمال على المواسير نتيجة الردم فى حالة طين مبلل .

For backfill weighing 90 lb/ft.^{3} multiply by 0.9. For backfill weighing 110 lb/ft.^{3} multiply load shown by 1.1, etc..

الأمام هو ذاته منسوب القاع في الخلف وتساوى (h) مقدار الفاقد فى المدخل (h_e)، وعند الانحناءات والتكرعات $(h_{b_1} ، h_{b_2} ، b_{el_2} ، h_{el_1})$، والفقد نتيجة الاحتكاك (h_f)، وعند المخرج (h_{ex}) كما هو موضح بالمعادلة :

$$h = h_e + (h_{b_1} + h_{b_2}) + (h_{b_3} + h_{b_4}) + h_f + h_{ex} \cdots [31]$$

ا ـ أنواع الفقد :

١ ـ الفاقد فى المدخل (Inlet) :

$$h_e = C_1 \frac{V^2}{2g} \qquad \ldots[32]$$

حيث :

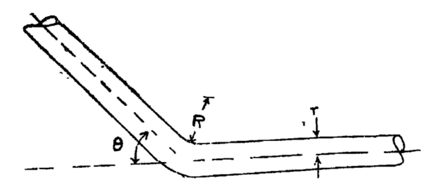
V : سرعة المياه ،

g : عجلة الجاذبية الأرضية و

c_1 : ثابت تتغير قيمته كما سبق ذكره فى البرابخ .

٢ ـ الفاقد فى الانحناءات (Bends) :

$$h_b = C_2 \cdot \frac{V^2}{2g} \cdot \frac{\theta}{90^\circ} \qquad [33]$$



شكل ٦٦ : انحناء الماسورة مبين عليه زاوية الانحناء $\frac{\theta}{90^0}$ وتقوس الانحناء R.

وتعتمد قيمة الثابت (C_2) على المقدار $\left(\frac{r}{R}\right)$ $\left(\frac{\text{نصف بعد المحاورة}}{\text{نصف قطر الانحناء}}\right)$

والذى يسمى تقوس الانحناء (Curvature of bend) وتحدد من الجدول:

r/R	٠٫٢	٠٫٣	٠٫٤	٠٫٥	٠٫٦	٠٫٧
C_2 (Pipes)	٠٫١٤	٠٫١٦	٠٫٢	٠٫٣	٠٫٤٤	٠٫٦٦
C_2 (Syphons)	٠٫١٥	٠٫١٨	٠٫٢٥	٠٫٤	٠٫٦٤	١٫٠١

جدول ٢٤ : بعض قيم (C_2) أى ثابت لتقوس الانحناء

٣— الفاقد فى الكوع (Elbow) :

$$h_{el} = C_3 \cdot \frac{V^2}{2g} \qquad ...[34]$$

وتعتمد C_3 على الزاوية θ كما هو موضح بجدول ٢٥ :

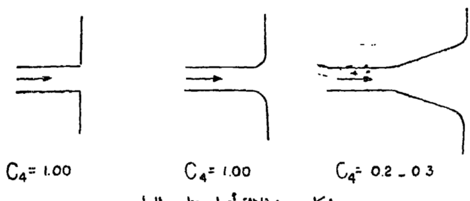
θ	°١٢٠	°١٠٠	°٩٠	°٨٠	°٦٠	°٤٠	°٢٠
C_3	١٫٧٨	١٫٢٧	١٫٠	٠٫٧٥	٠٫٣٢	٠٫١٤	٠٫٠٣

جدول ٢٥ : بعض قيم لزاوية الكوع (θ) .

٤ — الفاقد عند المخرج (Exit):

$$h_{ex} = C_4 \frac{V^2}{2g} \qquad ...[35]$$

وتعتمد (C_4) على شكل المخرج كما هو موضح بشكل ٦٧ .



شكل ٦٧ : ثلاثة أنواع مخارج للمياه .

٥ — الفاقد نتيجة الاحتكاك :

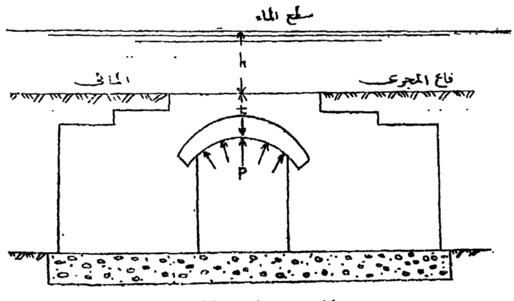
$$h_f = \left(\frac{f \cdot L}{m}\right) \frac{v^2}{2g} \qquad \ldots[36]$$

حيث :

f : معامل الاحتكاك والسابق تحديده فى حالة البرابخ .

ب — أنواع السحارات كالآتى :

١ — سحارات من الطوب :



شكل ٦٨ : سحارة من الطوب .

ويحدد سمك عقد المبانى (t) من المعادلة :

$$p = \gamma_{\omega} \cdot h = \gamma_{m} \cdot t \qquad \cdots [37]$$

حيث :

h : عمق المياه بالمجرى المائى العلوى ،

γ_{ω} : الوزن النوعى للماء يؤخذ عادة ١طن/م٣ ،

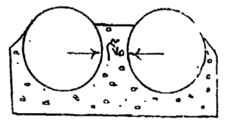
γ_{m} : الوزن النوعى للطوب يؤخذ عادة ٢ طن/م٣ و

p . الحمل أو الضغط الذى يلقاه عقد مبانى الطوب .

كما تصمم الفرشة الخرسانية كدعامة محملة بسيطة(Simple supported beam) مع اعتبار أن الشد المسموح به لمبانى الطوب لا يجب أن يزيد عن ٠٫٥ كجم/م٢. وكثيرا ما تحتاج سحارات مبانى الطوب أعماقا كبيرة لأساساتها وأبعاد كبيرة لها مما يكلف مبالغ باهظة ؛

٢ — سحارات من الحديد الصلب فى شكل مواسير :

تستعمل ألواح سمك $\frac{3}{8}$″ — $\frac{5}{8}$″ توصل أو تلحم مع بعضها لتكون الشكل المطلوب بالأبعاد المطلوبة، ويفضل أن تغمس المواسير الصلب أو تغلف بالخرسانة لحمايتها من الصدأ ولتلافى عزوم الانثناء فى حالة التربة الضعيفة . أما فى حالة التربة الرملية فقد توضع المواسير على دعامات خرسانية أو على فرشة خرسانية كاملة بطول المواسير، وإذا اضطر إلى استعمال أكثر من ماسورة واحدة لكبر التصرف فتوضع أكثر من واحدة بحيث لا تقل المسافة بين كل اثنين منها عن ٧٥ سم كما هو موضح بالشكل .



شكل ٦٩ : سحارة على شكل مواسير من الحديد
مغموسة فى خرسانة عادية .

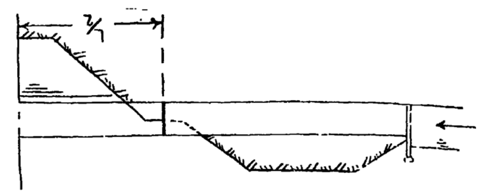
٣ — مواسير من الخرسانة العادية او المسلحة:

وتراعى حينئذ نفس القواعد التى سبق ذكرها فى الرابع ، كما يجب مراعاة عمل نظام مناسب لفواصل التمدد (Expansion Joints)، وقد وجد أن المواسير أكثر اقتصادا فى حالة عدم زيادة القطر عن ٢ر١ إلى ٥ر١ متر وإلا فيجب استعمال الصناديق الخرسانية المقفلة التى تصمم قطاعاتها على أسوأ الاحتمالات، إذ يؤخذ فى الاعتبار حالتين : الأولى للقطاعين (I — I ، II — II) (أنظر شكل ٦٥)

إذا كان المجرى المائى العلوى مملوءاً بالمياه ولا توجد مياه تجرى بالسحارة، والثانية للقطاعين (III — III ، IV — IV) إذا كانت السحارة مملوءة بينما المجرى المائى العلوى خال من المياه . كما تؤخذ السرعة داخل السحـــارة مابين ١ ، ٢ م / ثانية لتفادى حدوث أى ترسيب أو نحر فى القطاع .

ثالثة - البدالات (Aquiducts):

وهى منشآت من أجل إمرار مياه مجرى مائى فوق مياه الآخر ، وتنشأ من الطوب أو الحديد أو الخرسانة ، ويصمم الجزء تحت الأتربة حسب ما ذكر فى الرابع . أما الجزء الأوسط بطول (L) مثلا فيصمم كما لو كان كمرة محملة فوق دعامتين (أو أكثر إذا كان الطول كبيرا) ومحملة بوزن البدالة والمياه



شكل ٧٠: قطاع طولى لبدالة.

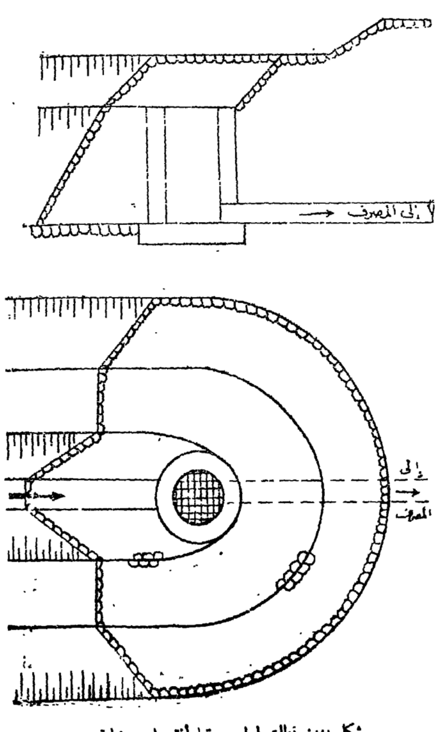
داخلها وأى أحمال فوقها إذا أريد استعمالها ككوبرى، والدعامات قد تكون من الطوب أو الخوازيق الخرسانية أو الحديدية أو الأعمدة، ومن الضرورى وضع فواصل التمدد بين الجزء الأوسط وطرفى البدالة .

رابعا — مصبات النهاية (Tail escapes) :

وتنشأ بنهايات الترع كى تصب مياهها فى المصارف أو لتفريغ ميـــاه الترع بالمصارف كما هو موضح بالشكل ٧١ .

خامسا — المداخل (Inlets) :

وتعمل من المواسير المعدنية المعرجة (Corrugated metal pipe) مع اتخاذ معامل خشونة (n = 0.021) ، وقد تكون المواسير مجلفنـــة (Gulvanized) أو مسفلتة (Aspphalt dipped) أو ملفوفة بالاسبستوس (Asbestos bonded) حسب تعرضها للتآكل أو الصدأ، ويراعى ألا يقل قطر المواسير عن ١٨" لحد من أعمال التشغيل والصيانة ، كما يجب ألا تزيد السرعة عن ٣٫٥ متر / ثانية ، وألا يقل الانحدار عن ٠٫٠١ ، وأن تمتد نهاية الماسورة ٣٠ سم داخل سطح المياه بالمصرف الذى يتلقى المياه من الماسورة حتى لا يحدث



شكل ٧١ : قطاع طولى ومسقط أفقى لمصب نهاية.

أى نحره وأن يرتفع الراسم السفلى للماسورة حوالى ٥ ؛ سم فوق سطح الماء. ويمكن استعمال أكثر من ماسورة إن لزم الأمر، ويحسن إلقاء بعض الأحجار أو عمل تكسية تحت المواسير أو عمل بعض الأساسات (Riprap) والأجنحة فى حالة الإنشاءات الكبرى ويرد فوق المواسير بسمك ٣٠سم على الأقل بكامل أطوالها.

سادسا — مساقط المياه :

وتستعمل فى حالة الانحدارات الكبيرة لسطح الأرض ومنها الإنشاءات ذات الانحدار الكبير المنتظم (Chute structures)، ومنها التى تنزل المياه فجأة ويستعمل عادة الآتى :

فرق المنسوط (بالسم)	نوع الانشاءات
صفر - ٦٠	لا إنشاءات
٦٠ - ١٥٠	مسقط مفاجىء ذو ركائز صحفية (Cascade drop with sheet piling
أكبر من ١٥٠	قاعدة معطلة(Baffled apron)

جدول ٢٦ : استعمالات إنشاءات مساقط المياه .

طرق قياس التصرف :

اولا — مسيلات المياه (Flumes) :

ويسمى (Venturi —flume) إذا قلت السرعة فيه عن السرعه الحرجة، ويعتمد التصرف حينئذ على الفرق بين مستوى المياه فى القطاع الضيق والقطاع الواسع، أما إذا زادت السرعة فى رقبة (Throat) المسيل عن السرعة الحرجة، فإن

المسيل يسمى (Standing wave) أو (Critical depth flume) ، وفى هذه الحالة لايتأثر عمق المياه عند المدخل بأى تغيرات عند مخرج المياه حتى تزيد نسبة التناطس (عمق المياه فى المخرج/عمق المياه فى المدخل) عن ٧٠ ٪ .

ولإيجاد التصرف تستعمل المعادلة :

$$Q = C_d \cdot b \cdot h^{3/2} \qquad \cdots [38]$$

حيث :

Q : التصرف ،

b : عرض الرقبة ،

h : العمق عند المدخل و

C_d : معامل التصرف وهو ثابت يجب معايرة المسيل عمليا لإيجاد قيمته والنوع الشائع الاستعمال هو المسمى (Parshall flume) كما فى الشكل ٧٢ . حيث أبعاده كالآتى :

W : حجم المسيل أو عرض الرقبة ،

A : طول الجناح عند القطاع المتقارب (Converging section) ،

$^2/_3$ A : المسافة من بداية قاعدة المسيل حتى نقطة قياس العمق ،

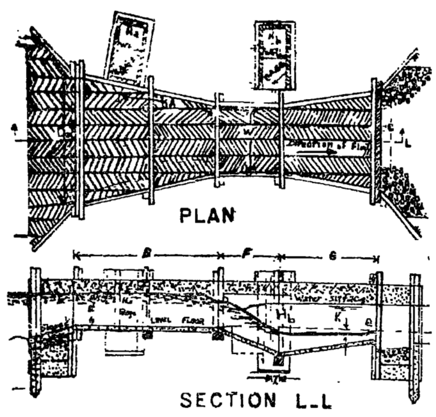
B : طول القطاع المتقارب عند المحور ،

C : عرض المسيل عند مخرج المياه ،

D : عرض المسيل عند مدخل المياه ،

E : ارتفاع المسيل ،

F : طول الرقبة ،



شكل ٧٢ : قطاع طولى ومسقط أفقى لمسيل مياه نوع (Parshal flume)

G : طول القطاع المتباعد (Diverging section) ،

K : الفرق بين منسوب النهاية السفلى للمسيل وقاعدته ،

N : عمق الانخفاض فى رقبة المسيل تحت القاعدة ،

X : المسافة الأفقية من النهاية السفلى للرقبة حتى نقطة القياس (H_d) و

Y : المسافة الرأسية من النقطة السفلى بالرقبة حتى نقطة القياس (H_d) .

ومعادلة المسيل هى :

$$Q = 4\,W\,h^{1.522\,W^{0.026}} \qquad [39]$$

حيث : h : عمق المياه جهة مدخل المياه عند نقطة القياس وذلك للمسيلات التى لها نسبة غاطس أقل من ٧٠ ٪ .

والجدول يعطى أبعاد وقدرات مسيلات متعددة كثر استعمالها كالآتى :

W		A		$^2/_3$ A		B		C		D		E		F	G	K	N	X	Y	Free flow capacity	
																				Maxi-mum	Mini-mum
Ft.	In	Ft.	In	Ft.	In	Ft.	In	Ft.	In	Ft.	In	Ft.	In	Ft.	Ft.	In	In	In	In	Sec.ft	Sec ft.
–	3	1	$6^3/_8$	1	$^1/_4$	1	6	0	7	0	$10^3/_{16}$	1	4	$^1/_4$	1	1	$2^1/_4$	1	$1^1/_2$	1·1	0·03
–	6	2	$7^1/_{16}$	1	$4^5/_{16}$	2	10	1	$3^5/_8$	1	$3^5/_8$	2	0	1	2	3	$4^1/_2$	2	3	3·9	0·05
–	9	2	$16^5/_8$	1	$11^1/_8$	2	10	1	3	1	$10^5/_8$	2	6	1	$1^1/_2$	3	$4^1/_2$	2	3	8·8	0·09
1	–	4	6	3	0	4	$4^7/_8$	2	0	2	$9^1/_4$	3	0	2	3	3	9	2	3	16·1	0·35
$1^1/_2$	–	4	9	3	2	4	$7^7/_3$	2	6	3	$4^3/_8$	3	0	2	3	3	9	2	3	24·6	0·51
2	–	5	–	3	4	4	$10^7/_8$	3	0	3	$11^1/_2$	3	0	2	3	3	9	2	3	33·1	0 66
3	–	5	6	3	8	5	$4^3/_4$	4	0	5	$1^7/_8$	3	0	2	3	3	9	2	3	50·4	0·97
4	–	6	–	4	0	5	$10^5/_8$	5	0	6	$4^1/_4$	3	0	2	3	3	9	2	3	67 9	1·26
6	–	7	–	4	8	6	$10^3/_8$	7	0	8	9	3	0	2	3	3	9	2	3	103·5	2·63
8	–	8	–	5	4	7	$10^1/_8$	9	0	11	$1^3/_4$	3	0	2	3	3	9	2	3	139 5	4·62

Table 27 : Dimensitons and Capacities of the Parshall flume, for various throat witdhs; W.

ومزايا مسيلات المياه هى :

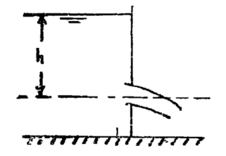
١ ـ تستهلك ضاغطا صغيراً بالنسبة للهدارات أو عدادات القياس الميكانيكية ،
٢ ـ يمكنها إمرار جميع المواد العالقة (حتى الصخور) ،
٣ ـ ليست فى حاجة إلى معايرة لبطء استهلاكها و
٤ ـ لا تحتوى على أجزاء متحركة .

والعيب الوحيد لها هو أنها لا يمكنها قياس التصرفات الضئيلة جدا والتى فى حدود ٥ ./ من التصرفات المعتاد استعمالها فى الحقل .

ثانيا - قياس التصرف باستعمال الثقوب والفتحات والهدارات :

وهى عبارة عن إنشاءات عبر المصارف أو القساق لكل منها قانون يحدد تصرف المياه داخل المجرى المائى الموضوعة فيه كالآتى :

١ ـ ١ - الثقوب الصغيرة (Small orifices) :



شكل ٧٣ : ثقب صغير (Small Orifice)

$$Q = C_d \cdot a \sqrt{2g\,h} \qquad [40]$$

حيث :

Q : التصرف ،

a : مساحة الفتحة ،

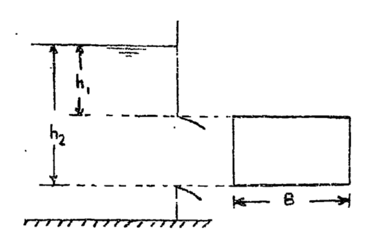
h : فرق منسوب المياه عن المحور الأفقى للفتحة كما هو موضح بالشكل ،

g : عجلة الجاذبية الأرضية و

C_d : ثابت يسمى معامل التصرف ويعتمد على شكل الفتحة ومقدار (h) والثابت يساوى ٠,٦ – ٠,٦٤ عادة.

٥ – ٢ – الثقوب الواسعة (Large orifice) :

$$Q = \frac{2}{3} C_d \; B \sqrt{2g} \left(h_2^{3/2} - h_1^{3/2} \right) \qquad \cdots [41]$$



شكل ٧٤ : ثقب واسع (Large orifice)

حيث :

h_1 ، h_2 : ارتفاعات منسوب المياه عن الشفة العليا والسفلى للفتحة ،

B : عرض الفتحة و

C_d : معامل التصرف وتتحدد بالمعايرة .

والخطأ فى معاملة أى فتحة عريضة كفتحة صغيرة يمكن تحديده بفرض أنه :

$$h_2 = m \cdot h_1 \qquad \cdots [42]$$

وبذلك فإن النسبة بين التصرفين لكل منهما هى :

$$\frac{Small}{Large} = \frac{(m-1)\sqrt{(m+1)/2}}{2/3\,(m^{3/2} - 1)}$$

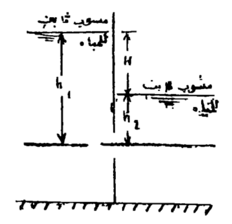
والجدول يبين نسبة الخطأ لقيم مختلفة من (m) :

m	5	3	2
% error	2	1	0.5

جدول ٢٨ : نسبة الخطأ فى معاملة الفتحة العريضة كفتحة صغيرة .

ومن الجدول يتضح أنه إذا زادت النسبة (m) عن ٢ فمن الضرورى معاملة الفتحة على أنها واسعة .

٣ — الثقوب الغاطسة (Submerged orifices) :



شكل ٧٥ : ثقب غاطس (Submerged orifice).

$$Q = C_d \cdot a \sqrt{2g\,(h_1 - h_2)} \qquad \cdots [43]$$

حيث :

C_d : معامل التصرف ويساوى ٦,٠ ،

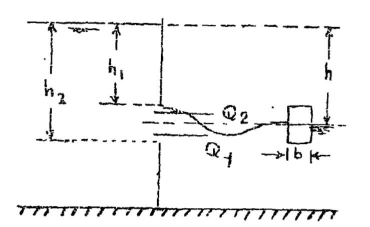
a . مساحة الفتحة ،

h_1 : منسوب المياه أمام الفتحة و

h_2 : منسوب المياه خلف الفتحة .

٤ — الثقوب الغاطسة جزئيا

: (Partially drowned or submerged orifices)



شكل ٧٩ : ثقب غاطس جزئيا (Partially submerged orifice)

من المعادلة ٤٣ للفتحات الغاطسة :

$$Q_1 = C_d \; B (h_2 - h) \sqrt{2g\,h}$$

ومن المعادلة ٤٠ للفتحات الصغيرة

$$Q_2 = C_d \; B (h - h_1) \sqrt{\left(\frac{h_1 - h}{2}\right) 2g}$$

وبذلك يكون التصرف الكلى كالآتى :

$$Q = Q_1 + Q_2 \qquad \cdots [45]$$

٥ — سرعة التقارب (Velocity of qpproach)

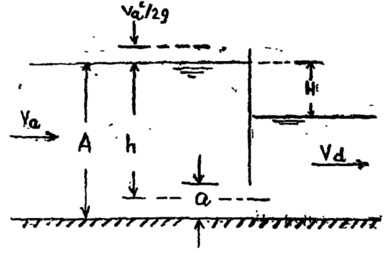
لحساب التصرف بدقة تدرج سرعة التقارب V_a (Velocity of approach) وهى السرعة أمام الفتحة وتساوى :

$$V = \frac{Q}{A} \qquad \cdots[45]$$

حيث :

Q : التصرف و

A : مساحة القطاع أمام الفتحة .



شكل ٧٧ : ثقب غاطس مبين أمامه سرعة التقارب .

ولإدراج هذه السرعة يتبع الآتى :

١ - تهمل مبدئيا سرعة التقارب (V_a) أولا لحصل على التصرف التقريبى ثم يحصل على سرعة التقارب من المعادلة (٤٥) و

٢ - يحسب التصرف بعد إضافة ($\frac{V_a^2}{2g}$) على الضاغط كالآتى:

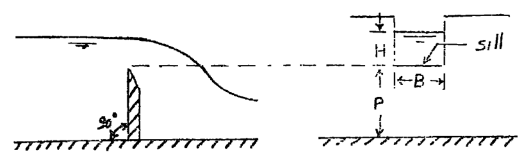
$$Q = C_d \cdot a \sqrt{2g\,(H + V_a^2/2g)}$$

وبالتعويض عن (V_a) بقيمتها التى تساوى (Q^2 / A^2) نجد أن :

$$Q = C_d \cdot a \sqrt{2g\,H/(1 - C_d^2 a^2/A^2)} \quad \cdots[46]$$

ويمكن للفتحات أن تكون مثلثة الشكل أو مستطيلة أو مربعة أو دائرية .

٦ — الفتحات المستطيلة او على شكل (U) (Rectangular notch) :



شكل ٧٨ : فتحة مستطيلة (Rectangular notch)

$$Q = C_d \cdot {}^{2}/_{3}\, B \sqrt{2g}\; H^{3/2} \quad \cdots[47]$$

حيث :

$$C_d = 0{\cdot}623\ \frac{(B - \frac{H}{5})}{B} \quad \cdots[48]$$

B : العرض ،

H : ارتفاع المياه فوق قاعدة الفتحة وتقاس على مسافة من الفتحة وتقاس على مسافة التفحة تساوى (3H) :

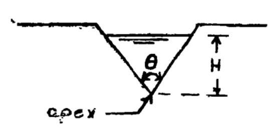
٧ — الفتحات المثلثة او على شكل (V) (V - notch.) :

$$Q = C_d \cdot \frac{8}{15} \tan\frac{\theta}{2} \sqrt{2g}\; H^{5/2} \quad [49]$$

وفى حالة $\theta = 90°$:

$$Q = 2{\cdot}49 \quad H^{2{\cdot}48} \quad \text{ft. system} \qquad [50]$$

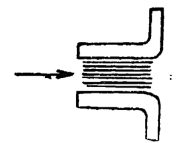
$$= 14{\cdot}7 \quad H^{2{\cdot}46} \quad \text{c.g.s. system} \qquad [51]$$



شكل ٧٩ : فتحة مثلثة (V—notch) .

٨ — الفتحات المستطيلة غير ذات الاختناق المنتهى او ذات الاختناق المطموس

(Rectangular weir without end contraction (Suppressed conraction)) :

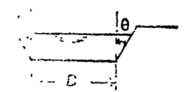


شكل ٨٠ : فتحة مستطيلة غير ذات اختناق منتهى أو ذات اختناق مطموس

(Rectangular weir without end contraction (Suppressed contraction)) .

٩ — هدار على هيئة شبه منحرف (Trapezoidal weir) :

$$Q = C_{d_1} \cdot \frac{2}{3} B \sqrt{2g}\, H^{3/2} + C_{d_2} \cdot \frac{8}{15} \tan \frac{\theta}{2} \sqrt{2g}\, H^{5/2} \qquad [52]$$



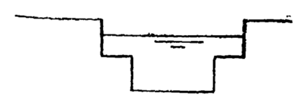
شكل ٨١: هدار على هيئة شبه منحرف (Trapezoidal weir).

١٠ — هدار سيبولتى (Cippoletti weir) :

وهو هدار على هيئة شبه منحرف غير أن ظل الزاوية (θ) = $\frac{1}{4}$ وبذلك يكون التصرف :

$$Q = \frac{2}{3} C \quad B \sqrt{2g} \; H^{3/2} \qquad \cdots [53]$$

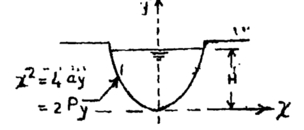
١١ — هدار مدرج (Stepped weir) :



شكل ٨٢ : هدار مدرج (Stepped weir) .

ويمكن معاملته كالهدار المستطيل أو الفتحة على شكل مستطيل .

١٢ — على هيئة قطع مكافىء (Parabolic weir) :



شكل ٨٣ : هدار على هيئة قطع مكافىء (Parabolic weir).

$$Q = 1.512\ P^{0.478}\ H^{2} \qquad \cdots[54]$$

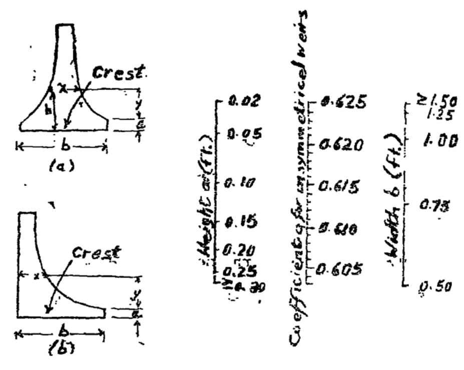
حيث :

$$P = \frac{x^{2}}{2y} \qquad \cdots[55]$$

$$= 0.1\ ft \rightarrow 0.2\ ft.$$

١٣ - هدار سترو ذو التصرف المتناسب مع الضاغط :

: (Proportional flow of Sutro weir)



شكل ٨٤ : هدار سترو ومونوجرام لإيجاد المعامل (C) له.

وهو على هيئة متماثلة أو غير متماثلة وفي كلتا الهيئتين فإنه التصرف يتناسب طرديا مع الضاغط ومعادلة حدوده المنحنية هي :

$$\frac{x}{b} = 1 - \frac{2}{\pi} \tan^{-1}\sqrt{\frac{a}{y}} \qquad \cdots[56]$$

أما التصرف فيمكن إيجاده من المعادلة :

$$Q = K\left(h - \frac{a}{3}\right) \quad \ldots[57]$$

حيث :

$$K = C\sqrt{a}\; b\sqrt{2g} \quad \ldots[58]$$

$$b = y + a \quad \ldots[59]$$

h : ارتفاع المياه فوق قاعده الهدار ،

b : عرض القاعدة ،

x : الإحداثي الأفقي لأى نقطة على حدود الهدار ،

y : » الرأسي » » » » » ،

a : ارتفاع المسافة التي تساوى عرض القاعدة و

c : معامل يمكن إيجاده من النوجرام بشكل ٨٤.

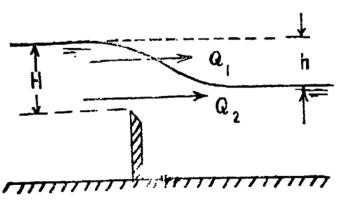
وكما هو واضح من النموجرام فإنه (c) لها قيم مختلفة ويجب زيادتها ١ ./. في حالة الهدار ذو الهيئة المتماثلة (symmetrical) وهذا الهدار يلائم قياسات التصرف بالأجهزة ذات ومن العوامات، الضرورى أن يزيد الضاغط عن $\left(\frac{a}{3}\right)$ ولذلك تؤخذ (a) عادة صغيرة جدا أى حوالى ٠,٠٢ قدم .

١٤ — هدار غارق(Drowned weir) :

$$Q = Q_1 + Q_2 = C_d \cdot B\sqrt{2gh}\left(H - \frac{h}{3}\right) \quad \ldots[60]$$

أو

$$Q = Q'\left(1 - S^{3/2}\right)^{0.385} \quad \ldots[61]$$



شكل ٨٥ : هدار غارق (Drowned weir) .

وتسمى أحيانا المعادلة الحجمية (Volumètric equation) .

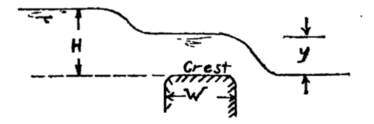
حيث :

Q' : التصرف فى حالة نفس الضاغط وعدم وجود غطس ،

S : نسبة الغاطس أى النسبة بين منسوبى المياه أمام وخلف الهدار بالنسبة و

B : عرض الهدار .

١٥ ـ هدار ذو القاعدة العريضة (Broad crested weir) :



شكل ٨٦ : هدار ذو قاعدة عريضة (Broad crested weir)

$$H = C_d\ B\ y \sqrt{2g\ (H - y)} \qquad [62]$$

ومن أجل الحصول على الحد الأقصى للتصرف يجب أن يساوى الضاغط فوق قاعدة الهدار ⅔ الضاغط فى الأمام وبذلك يكون التصرف :

$$Q_{max} = C_d \frac{2}{3} B \sqrt{2g} \; H^{3/2} \qquad [63]$$

وتعتمد قيمة (C_d) على الضاغط وعلى عرض المدار (W) :

فإذا كانت $H < \frac{W}{4}$

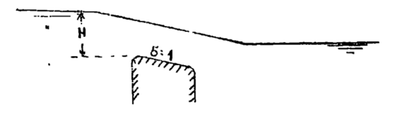
فإن $C_d = 0.47$

أما إذا كانت $H > 1.5 \; W$

فإن $C_d = 6.0$

والملاحظ أنه إذا كانت نسبة الغاطس أكبر من ⅔ فإن التصرف يقل مقداره.

١٦ — هدار ذو موجة واقفة (Standing wave weir) :



شكل ٨٧ : هدار ذو موجة واقفة .

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} B \sqrt{2g} \; H^{3/2} \qquad [64]$$

وقد وجد عمليا أن التصرف يساوى :

$$Q_{,} = 2.05 \; B \; H^{1.6} \qquad [65]$$

ولا يتغير التصرف إذا قل الغاطس عن ٧٠ ٪ .

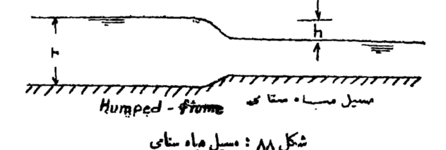
ويقل التصرف كالآتى:

نسبة الغاطس	نسبة انخفاض التصرف
٧٠٪	١٪
٧٥٪	٢٪
٨٠٪	٤٪
٨٥٪	٧٪

جدول ٢٩ : انخفاض التصرف مع زيادة الغاطس لهدار ذو موجة واقفة (Standing wave weir).

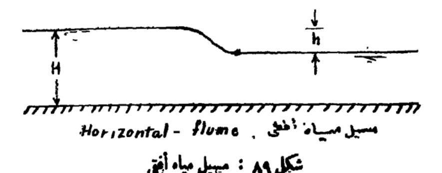
وأنواع خاصة من هذه الهدارات مسيلات المياه السابق شرحها والمسماه (Venturi flumes) وأنواعها كالآتى :

i ـ مسيلات سنامية (Horizontal - flume) :



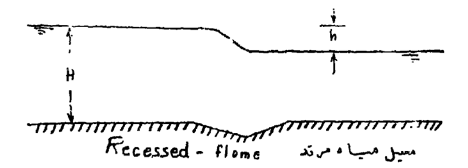
شكل ٨٨ : مسيل مياه سنامى

ii ـ مسيلات أفقية (Humped flume) :

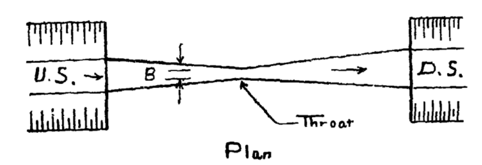


شكل ٨٩ : مسيل مياه أفقى

iii — مسيلات مرتدة (Recessed - flume) :



شكل ٩٠ : مسيل مياه مرتد .



شكل ٩١ : مسقط أفقي لأنواع المسيلات المختلفة .

ويمكن إيجاد التصرف كالآتي :

$$Q = C_d \; B \; \sqrt{2g} \; H^{3/2} \qquad [66]$$

حيث :

B : عرض الاختناق ،

H : الضاغط و

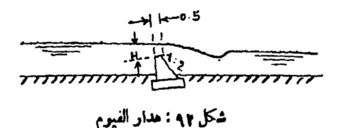
$C_d = ٠,٩٨$

كما يمكن إيجاد التصرف بالمعادلة الآتية إذا قل الغاطس عن ٩٠ ٪ :

$$Q = C \cdot H^{1.5} \qquad [67]$$

١٧ — هدار الفيوم :

ويستعمل فى مصر ومعادلته كالآتى :



شكل ٩٢ : هدار الفيوم

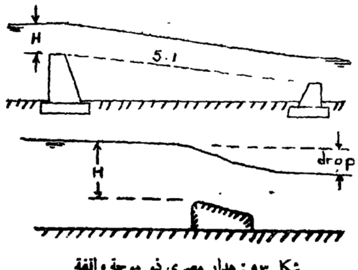
إذا كان الضاغط حتى ٠,١٥ متر فإن التصرف للمتر الطولى من الهدار يساوى:

$$Q = 1.652\ H^{1.54} \qquad [68]$$

أما إذا كان الضاغط من ٠,١٥ حتى ١,٠ متر فان التصرف للمتر الطولى يساوى:

$$Q = 1.9565\ H^{1.72} + 0.14\ H \qquad [69]$$

١٨ ـ هدار مصرى ذو موجة واقفة :



شكل ٩٣ : هدار مصرى ذو موجة واقفة

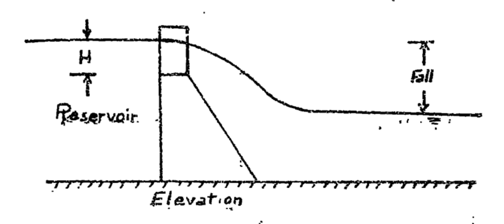
والتصرف هو:

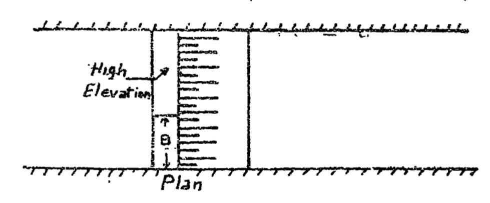
$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} B \sqrt{2g}\, H^{3/2} \qquad [70]$$

أو التصرف للمتر الطولى من عرض الهدار يمكن إيجاده عمليا كالآتى :

$$q = C \cdot H^n = 2.05\, H^{1.6} \qquad [71]$$

١٩ – هدار ساكب (Spillway weir) :





شكل ٩٤ : هدار ساكب (Spillway weir).

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{5} B \sqrt{2g}\, H^{2/3} = C \cdot B\, H^{3/2} \qquad [72]$$

حيث :

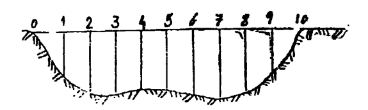
B : عرض قاعدة الهدار التى تمر منها المياه ،

H : الضاغط ،

C_d : معامل التصرف و

C : ثابت يمكن إيجاده عمليا .

ثالثا : قياس التصرف بعد تحديد السرعة بمختلف أجزاء القطاع العرضى :



شكل ٩٥ : قطاع عرضى لمصرف عمومى قسم إلى أجزاء طولية متساوية .

وفى هذه الحالة تحدد السرعة المتوسطة لكل جزء من القطاع وتحدد مساحة كل جزء، وتقاس السرعة بجهاز قياس السرعة المسمى (current meter) فى نقطة واحدة من العمق عند ٠,٦ منه، أو تقاس عند نقطتين: عند ٠,٢ وعند ٠,٨ من العمق .

وهناك نوعان من جهاز قياس السرعة ، الأول (Screw current meter) حيث سرعة الدوران دالة للسرعة والثانى من النوع ذو القنجال (Cup type) ، ولابد لكل من نوعى الجهاز أن يعاير بعد استعماله لمدة ٣٦ ساعة لرسم خط السرعة مع عدد اللفات فى الدقيقة .

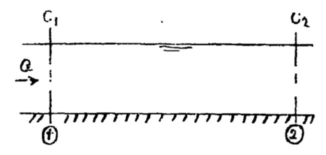
رابعا : قياس التصرف بعد تحديد السرعة بالعوامات (Floats)

وتستعمل هذه الطريقة فى حالة صغر القطاع ، والعوامات إما سطحية أو تحت سطحية Subsurface أو على هيئة (rod) ، وتحسب السرعة بقسمة المسافة التى سارتها العوامة على الزمن .

خامساً : الطرق الكيماوية :

وتستعمل المعادلة : $Q\,C_1 + q.c = (Q + q)\ c_2$

$$Q = \frac{c - c_2}{c_2 - c_1}\ q \qquad (73)$$



شكل ٩٦ : قطاع طولى للمصرف أتى عند القطاع (١) منه محلول بصبغة .

حيث :

q : تصرف المحلول ذو الصبغة ،

Q : التصرف بقطاع المصرف ،

c : تركيز الأملاح بالمحلول ذو الصبغة عند القطاع (١) (كجم/متر٣) ،

C_1 : تركيز الأملاح بمياه المصرف عند القطاع (١) و

C_2 : تركيز الأملاح بمياه المصرف عند القطاع (٢) .

أسئلة على الباب الثالث

(١) كيف تنشأ مشاكل الصرف السطحى ؟ أذكر بعض الحالات التى يحدث فيها ذلك .

(٢) أذكر الفرق بين المصارف الحقلية والمصارف العـــامة كنوعين من المصارف المكشوفة .

(٣) ماذا تتبع عند تخطيط المصارف المكشوفة فى الأراضى المتموجة؟ وضح برسم تفصيلى .

(٤) قطعة أرض انحدارها منتظم وفى اتجاه واحد . ارسم تخطيطا للمصارف المكشوفة بها إذا كان :

أ ـ الانحدار كبيراً أو

ب ـ الانحدار صغيراً .

(٥) منطقة استصلاح يراد إنشاء شبكة مصارف مكشوفة بها . ارسم ـ مع بيان الأبعاد ـ التخطيط العام للمصارف والمساقى بها .

(٦) بين الملاحظات العامة الواجب مراعاتها عند تخطيط المصارف المكشوفة.

(٧) متى تستعمل المصارف الراشحة (Seepage drains) ولماذا ؟

(٨) ماهى المصارف المساعدة (Auxiliary drains) ومتى يلجأ لاستعمالها؟

(٩) ماهى المصارف العمياء ومتى يلجأ لاستعمالها ؟

(١٠) أذكر باختصار العوامل التى تعتمد عليها المسافة بين المصارف .

(١١) استنبط قانون « دونان » لتحديد المسافة بين المصـارف موضحا إجابتك برسم كروكى .

(١٢) ما هما فرضى ديبوى فورشيمر من أجل صحة قانون و دونان ، ؟

(١٣) أكمل العبارات الآتية :

أ ـ كلما زاد معامل التوصيل الهيدروليكى .... المسافة بين المصارف.

ب ـ إذا زادت مياه الرى أو الأمطار ... ... البعد بين المصارف.

حـ ـ إذا .... عمق المصارف .... المسافة بين المصارف .

(١٤) حدد المسافة بين مصرفين إذا أعطيت البيانات الآتية:

عمق الطبقة الصماء عن قاع المصرف ٣,٩٠ متر ،

عمق المياه بالمصرف لا يزيد عن ٠,٢٠ متر ،

عمق الطبقة الصماء عن سطح الأرض ٥,٥٠ متر ،

معامل التوصيل الهيدروليكى ٢,٧ متر/يوم ،

ارتفاع مياه الرى والمطر المطلوب التخلص منها ٠,٠٠٢ متر/يوم ،

أقل عمق لتسرب المياه الأرضية بين المصرفين ٠,٥٠ متر .

(١٥) أكمـــل : ينشأ الصرف السطحى من أجل الأغراض الآتية :

.... و .... و ....

(١٦) حدد العوامل التى يتوقف عليها عمق المصارف .

(١٧) ضع علامة ✓ أو X أمام العبارات :

أ ـ تحتاج التربة الرملية إلى مصارف عمقها أكبر من التربة الطميية ،

ب ـ تحتاج التربة الطينية إلى مصارف عمقها أكبر من التربة الرملية ،

حـ ـ تحتاج التربة الطينية إلى مصارف عمقها أقل من التربة الطميية ،

ء ـ يزيد المحصول بدرجة كبيرة كلما زاد عمق المصارف فى التربة الرملية ،

هـ - يزيد المحصول بدرجة كبيرة كلما قل عمق المصارف فى التربة الطينية و

و - يقل المحصول بدرجة كبيرة كلما قل عمق المصارف فى التربة الطميية .

(١٨) أكمل العبارات :

أ - يزيد انحدار قاع المصارف كلما .... حجمها حتى تكون السرعة متماثلة بطول المصرف :

ب - تعتمد الميول الجانبية على : ١- .... ٢- .... ٣- ....

جـ - يبين على البيانوجرام المائى : ١- .... ٢- .... ٣- .... ٤- .... ٥ ....

(١٩) ارسم قطاعة نموذجيا لمصرف مكشوف مبينا عليه : عرض القاع المتبع فى كل من مصارف الدرجة الأولى حتى الرابعة ، وانحدار القاع ، وطول المصرف .

(٢٠) وضح بالرسم الأشكال المختلفة التى يتخذها قطاع المصرف . وماذا توصى باستعماله ولماذا ؟ .

(٢١) ماذا تعرف عن رقم فراود « Froude » .

(٢٢) اشرح كيف يمكن أن يكون قطاع المصرف ذو كفاءة عالية وكيف يكون اقتصاديا ؟ وضح بالمعادلات .

(٢٣) ماهى العوامل التى تحدد كمية مياه الصرف ؟

(٢٤) لماذا تنشأ الجسور والمساطيح رغم شغلها لمساحات كبيرة من الأرض ؟

(٢٥) احسب قطاع مصرف زمامه ١٠٠٠٠ فدان إذا كان معامل المصرف يقدر بحوالى ٢٣,٢ م٣ / فدان / يوم . افترض ماتراه من فروض مناسبة لاستنتاج المطلوب .

(٢٦) ماهى أصعب الحالات المتوقع مواجهتها عند تصميم مصرف كبير الحجم ؟

(٢٧) ماذا يقصد بالآتى :

أ ـ الجريان السطحى ،

ب ـ شدة المطر ،

حـ ـ فترة استمرار المطر ،

ء ـ تردد المطر ،

هـ ـ فترة التركيز و

و ـ معاير الفائض .

(٢٨) احسب أقصى معدل للجريان السطحى مستعملا « الطريقة المنطقية » إذا كانت المساحة المراد صرفها ٢٠٠٠ إيكر ، وشدة المطر القصوى هى ١٠ بوصة / ساعة للمساحة .

(٢٩) احسب مساحة قطاع المصرف المطلوب للمسألة السابقة مستعملا قانون « تالبت » .

(٣٠) احسب التصرف بمعادلة « بركلى - زيجلر » لنفس المساحة السابقة إذا كان انحدار المصرف هو ٢ قدم لكل ١٠٠٠ قدم .

(٣١) لماذا تنشأ البرابخ وما أنواعها ؟

(٣٢) ماذا يقصد بالسحارات ؟ اشرح أنواع الفقد بها وأنواعها .

(٣٣) ماهى البدالات، ومصبات النهاية، والمداخل؟ وضح إجابتك بالرسم :

(٣٤) اشرح خمسة وسائل لقياس التصرف بالمصارف .

(٣٥) ماتأثير سرعة التقارب « Velocity of approach » على التصرف؟
اشرح كيف تحسب السرعة لإيجاد التصرف .

(٣٦) ماالفارق بين الفتحات المثلثة والمستطيلة ؟

(٣٧) متى يفضل استعمال هدار سترو لقياس التصرف ؟ ولماذا ؟

(٣٨) أكمل : أقل انحدار للمصارف هو...... لأصغر المصارف حجما ،
و ...... لأكبر المصارف حجما .

الفصل الرابع

المصارف المغطاة « Tiles »

مقدمة :

تنفذ المصارف المغطاة سواء الرئيسية «Mains» أو الطوالى «Trunk drains» أو المجمعات «Collectors» أو الفرعية «Submains» أو الحقليات «Laterals» من أجل التحكم فى مستوى الماء الأرضى والأملاح عن طريق التخلص من المياه الأرضية . والمعروف أن سلوك ومنسوب الماء الأرضى فى المساحات المروية يتأثران بنظام ومناوبات الرى وكمية المياه المتسربة إلى الأعماق الضحلة وإلى الأعماق البعيدة ، كما يتأثران بالصفات الطبيعية لطبقات التربة المختلفة، مثل سمك هذه الطبقات وعمقها وترتيبها وحجم المسام بها، ومدى اتصال هذه المسام ببعضها. علاوة على ذلك فإن هذا السلوك والمنسوب يتأثران أيضا بالموقع الجغرافى والمصبات الطبيعية أو الصناعية التى ستخرج منها مياه الصرف إلى خارج المساحة المطلوب صرفها وإلى حيث يلقى بها .

ونظراً للتقدم الكبير فى الآلات الخاصة بصناعة المواسير وتنفيذ المصارف بالحقل حيث تقوم الآلة بأعمال الحفر ووضع المواسير وتغليفها بالمرشحات ثم الردم عليها ـ فقد أدى ذلك إلى خفض تكاليف الإنشاء كثيرا وسهولة التنفيذ ودقته .

مزايا الصرف المغطى

بالمقارنة بين نظامى الصرف المغطى والصرف المكشوف فإنه يمكن استخلاص الآتى :

١ - توفر المصارف المغطاة من ١٠ إلى ١٥ ٪ من المساحة المزروعة ، والمفروض أن تشغلها المصارف المكشوفة، أى ما يوازى ٧٥٠ ألف فدان من الأراضى الزراعية فى مصر، قيمتها أكثر من ٢٠٠ مليون جنيه ،

٢ - يمكن الاستغناء عن كثير من الأعمال الصناعية مع استعمال المصارف المغطاة والتى يحتاج اليها إذا نفذت المصارف المكشوفة مثل الكبارى والتحديات وغيرها ،

٣ - لا يسمح نظام الصرف المغطى بنمو الكثير من الحشائش ، كذلك لا يسمح بتوالد الحشرات بالمياه الراكدة بين الحشائش التى يلاحظ نموها بكثرة فى المصارف المكشوفة ،

٤ - لاتحتاج المصارف المغطاة إلى كثير من أعمال الصيانة المستمرة بسبب النحر والإطماء ، كما هو الحال فى المصارف المكشوفة التى تحتاج بصفة دورية إلى التطهيرات، بل إنه كثيرا ما يستغنى تماماعن أعمال الصيانة إذا نفذت شبكة المصارف المغطاة حسب القواعد العلمية السليمة، كما أنها قد تعمر ما لا يقل عن خمسين عاما متى أتقن صناعة المواسير وتنفيذ شبكة الصرف ،

٥ - يمكن إجراء العمليات الزراعية بسهولة تامة فى حالة نظام الصرف المغطى مثل الحرث والتخلص من الحشائش وجمع المحصول، لاسيما إذا استعملت الآلات الزراعية الحديثة ،

٦ - يمكن تعميق شبكة الصرف المغطى دون الخوف من ضخامة الأعمـــال الترابية المطلوبة للحفر أو للمساحة التى تشغلها المصارف المكشوفة ،

٧ - تدل المشاهدات فى المناطق التى تم تنفيذ شبكة الصرف المغطى بها فى بهتيم والمرج وغيرها بدلتا النيل على : كفاية هذا النوع من الصرف للتخلص من المياه الفائضة فى حالة الغسيل أو زراعة الأرز، بل اقتضى الأمر أحيانا سد منافذ غرف التفتيش لمنع الصرف السطحى فى حالة الأرز وصعوبة الحصول على مياه الرى اللازمة ،

٨ - حقق الصرف المغطى نتائج بالغة الأهمية بعد أبحاث الصرف المغطى على ١٥ حقلا فى مختلف أنحاء الجمهورية، فقد بلغ وزن ما أزيل من أملاح ذائبة خلال ثلاث سنوات من ٢٫٨٣ إلى ٩ طن للفدان الواحد، معظمها أملاح كلوريد الصوديوم،والباقى كبريتات الصوديوم. كما بلغت نسبة الزيادة فى معدل إنتاج الفدان من ٣٨ ٪ إلى ٧٥ ٪ بمتوسط زيادة فى الإنتاج من ٤٧ إلى ٥١ ٪ لمحصول الذرة والقمح، وقد بدأت هذه الزيادة عقب السنة الأولى لتنفيذ المصارف المغطاة، ثم زادت حتى وصلت أقصاها فى السنة الثالثة من التنفيذ، واستمر المعدل المحصول مرتفعا ومنتظما بعد ذلك . ومعنى ذلك أن الصرف المغطى سيعطى زيـادة فى الإنتاج الزراعى تعادل إنتاج مساحة لاتقـل عن ثلاثة ملايين فدان ، دون أى زيادة فى تكاليف الإنتاج أو الخدمات ، الأمر الذى يعنى زيادة الدخل القومى كثيرا من الزراعة ،

٩ - ترتب على زيـادة المحاصيل سالفة الذكر انخفاض مساحات الأرض المخصصة لها ، مما أتاح الفرصة للفلاح لزيادة المساحات المخصصه لمحاصيل أخرى وزراعات ذات عائد أكبر، كالبطاطس والخضر وغيرها و

١٠ - قلت الاحتياجات المائية بنحو ١٧ ٪ نتيجة لعدم تسرب ميـــاه الصرف السطحى بكثرة إلى المصارف، مما يوفر مياه الرى التى تذهب عبثاً للمصارف، ومما يساعد على إمكان التوسع الزراعى واستصلاح الأراضى . إذ أن الصرف المكشوف يشجع الفلاحين لاستعمال ميـــاه رى أكثر حيث أن الزيادة يمكن إزالتها بسهولة .

عيوب ومضار الصرف المغطى

١ - كثرة تكاليف شبكة الصرف المغطى فى البـداية كتكاليف الحفر وثمن المواسير وتركيبها والمرشحات حول المواسير والردم فوقها، وذلك بالمقـــارنة بتكاليف شبكة الصرف المكشوف المبدئية، والتى تحتوى أعمال الحفر فقط ، فقد تصل تكاليف الفدان الواحد من الحقليات قطر ٤ بوصة على أبعاد ٢٠ متر من بعضها البعض أكثر من ٤٠ جنيه، بينما تصل التكاليف للحقليات من نفس القطر على بعد ٣٠ متر أكثر من ٣٠ جنيه للفدان الواحد . على أساس التشغيل اليدوى فى صنع المواسير ووضعها . ويمكن خفض هذه التكاليف بنسبة ٣٠ - ٤٠ ٪ باستعمال الآلات. كما أنه قد تزيد التكاليف إذا صممت الشبكة كى تستوعب مياه العواصف المطرية . غير أنه قـد ثبت أن تكاليف إنشاء المجمعات لشبكة الصرف المغطى يعادل نصف تكاليف نظائرها من المصارف المفتوحة ،

٢ - عدم إمكان التخلص من مياه الصرف السطحى أو المياه الزائدة على سطح التربة وإن كان من الممكن عمل منافذ أو فتحات سطحية فى غرف التفتيش وبعض المواقع الأخرى من شبكة الصرف. إلا أنه قد يحتاج إلى التخلص من هذه المياه السطحية بسرعة أكبر ،

٣ - من غير الممكن معرفة أعماق المياه الأرضية بسهولة فى حالة المصرف المغطى،

بعكس السهولة التي يمكن بها معرفة هذه الأعماق في المصارف المكشوفة ،

٤ ـ الصرف المغطى وتنفيذه يحتاج إلى كثير من الخبرات والوقت من أجل التنفيذ والصيانة على نطاق واسع لاسيما في البلدان النامية و

٥ ـ قد تسد أحيانا المواسير ذات الأقطار الصغيرة بالحشائش « Debris ».

من أجل كل ذلك يجب على المهندسين دراسة مشروعات الصرف المغطى لمعرفة تأثير الأعماق والأبعاد بين المواسير وأقطارها ، والمواد المصنوعة منها، وتأثيرها على فعالية الصرف تحت الظروف المختلفة بغرض إيجاد أفضل مواصفات للصرف، وتحديد الظروف المختلفة للوصول إلى أحسن النتائج . كذلك دراسة مدى فعالية الصرف المغطى كوسيلة للتخلص من الأملاح، وكوسيلة للتخلص من ماء الري الزائدة في الوقت الملائم ، علاوة على دراسة كمية المياه اللازم صرفها لحفظ الأملاح عند مستوى معين منخفض سواء في التربة أو في المياه الأرضية.

انواع مجاري ومواسير الصرف المغطى

يمكن تقسيم أنواع المواسير الشائعة الاستعمال إلى :

أ) مواسير فخار من الطين بطول حوالى ٣٠ سم وقطر ٢ بوصة أو أكثر لكل وصلة وهي نوعان : الأول ناتج الحريق العادى « Soft burned » والثاني نتيجة الحريق في درجة حرارة عالية « Vertified » . والمواسير جيدة الصنع تعطى رنينا خاصا يمكن مع بعض الخبرة معرفته . وتصنع بعض المواسير من الطينة الجبلية أو من الطين الأسوانلي وتسمى المواسير المزججة ، وقد تطلى من الداخل أو من الخارج ، وقد تزيد أسعار هذه المواسير عن أسعار المواسير الأسمنتية ولذلك يفضل استعمال الأخيرة في ج.ع.م.

ب) مواسير اسمنتية لأقطار بن ٢ - ٦ بوصة أو خرسانية للأقطار أكبر من ٦ بوصة من الأسمنت والرمل بنسبة ٥٥٥ كجم أسمنت إلى ١ م٣ رمل إلى ١,٣٢ زلط فى حالة الخرسانة ، المطابقين للمواصفات الخاصة بكل منهم مع مراعاة الخلط جيدا بالطرق الميكانيكية للحصول على مواسير متجانسة، ثم إضافة المـاء بمقدار ١٨٠ - ٢٢٠ لتر للمتر المكعب، وتعمل الوصلات بطول ٣٠ - ٨٠ سم يدويا فى الموقع، أو ميكانيكيا بطريقة القوة الطاردة وإما أن تحفظ المواسير بعد صنعها مبتلة بصفة مستمرة لمدة أقلها أسبوعين ، وأما أن تترك للشك بالبخار (Steam Curing) لمدة ٧٢ ساعة مابين درجتى ١١٠ - ٤٠ فهرنهيت، ثم تجفف بالهواء لفترة أطول من ٣٠ يوم قبل وضعها بالمصارف. والمواسير التى يجرى صناعتها بالموقع ترش بالمياه عادة لمدة ٢٤ ساعة بعد صنعها، ثم توضع فى فى أحواض مغموسة فى الماء لمدة خمسة أيام كاملة . ويجب ألا تحتوى المواسير الخرسانية على أى كمية من ملح كلوريد الكلسيوم . وقد ثبت نجاح هذه المواسير فى الأراضى التى تقل فيها أملاح الكبريتات التى تساعد على تآكل هذه المواسير مالم تعامل معاملة خاصة لمقاومة تأثيرها ، كما ثبت امتياز هذه المواسير بانتظام المقطع وقوة تحملها ومتانتها .

جـ) مواسير مخرمة (Perforated) مصنوعة من ألياف مدهونة بالبيتومين (Bituminized fiber) أو من البولى إثيلين (Polyethylene) والبلاستيك، أو من بعض المعادن أو من الأسبستوس وتصنع بأقطار صغيرة تصل إلى ٢ بوصة ، وبأطوال كبيرة . وقد يستعمل الصوف الزجاجى كرشحات حول خروم المواسير التى تكون خطين أو أكثر فى اتجاه محاور المواسير . وقد استعملت بألمانيـا مواسير من المواد الحرارية من البوليفينيل كلورايد

(Bituminized أو مزيج من شعر الزجاج والقطران (Polyvinylchloride)
(glass - place وتصنع من شرائط محدودة العرض أثناء تنفيذ المصارف آليا.
كما استعملت مادة الثرموبلاستك لصنع المواسير فى بعض الأحيان .

وأهم مايجب مراعاته عند استعمال أى نوع هو عدم حدوث أى تآكل للمواسير عند استعمالها لاسيما فى الأراضى التى تحتوى على كبريتات الصوديوم أو المغنيسيوم ، أو أراضى البيت عالية الحموضة(High -acid peat soils)، ولذلك يجب أن تكون المواسير مطابقة لمواصفات معينة للتأكد من صلاحيتها قبل الاستعمال .

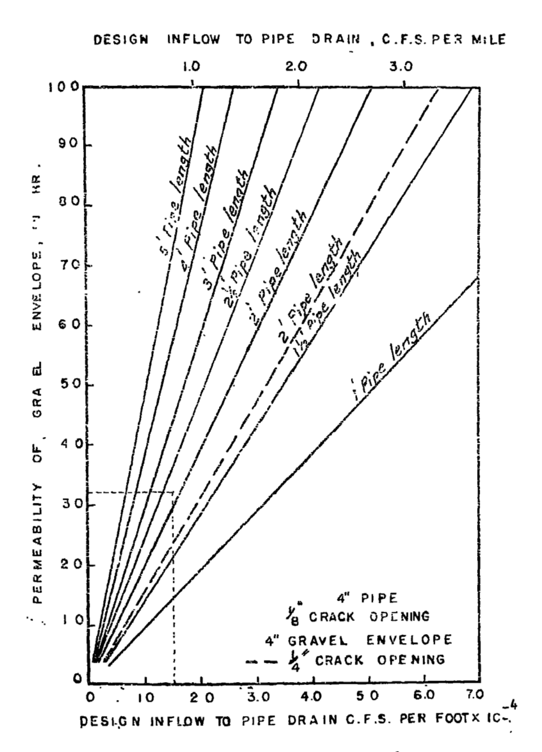
د) **مصارف المول او الخلد او الثقوب الأفقية :** وهى قنوات أسطوانية وقتية يمكن تكوينها بجذب جهاز كروى أو على شكل قذيفة (Bullet shaped) خلال التربة أسفل سلاح رأسى رفيع ، إلا أن هذا النوع قصير العمر نسبيا، وقد يخدم هذا النوع من الصرف غرضين هما التخلص من المياه الزائدة المطلوب صرفها والرى تحت السطحى فى فترة الجفاف .

هـ) **مصارف فرنسية** (French drains)أو مداخل عمياء (Blind Inlets).
وهى مصارف مغطاة تملأ بالحطب أو التبن أو سيقان النباتات الجافة أو البامبو، كما هو فى اليابان، أو الخشب كما هو فى الاتحاد السوفيتى،وقد يستعمل الحجر أو الزلط كما فى منطقة فـــاربو (Firebough) بكاليفورنيا أو الطوب أو المواد الخشنة قبل تغطيتها بالأتربة، وقد استعملت هذه المصارف فى بعض المساحات الصغيرة فى ج. ع. م. ويحتاج تنفيذها على نطاق واسع إلى دراسة من النواحى الفنية والاقتصادية ، وإن كان من المفضل صرف قليل من المال كثمن للمواسير طالما أنه قد تم الحفر، إذ غالبا ماتسد هذه المصارف الفرنسية بعد فترة من الزمن.

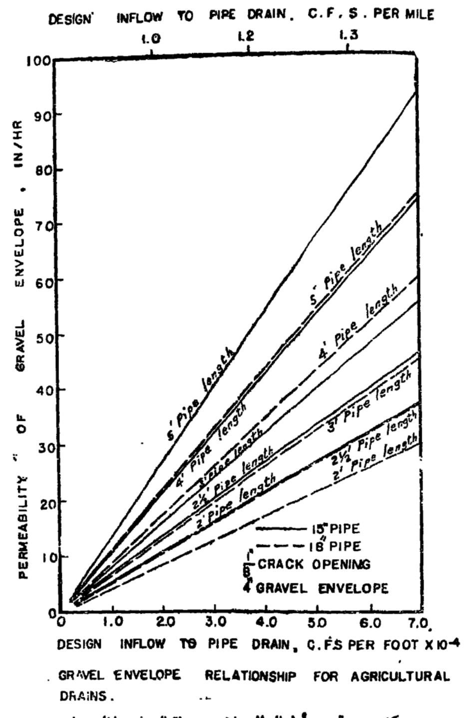
ومن الضرورى ملاحظـــة أن أى نوع من أنواع المصارف والمواسير (١ - هـ) يعتمد اختياره على الظروف المحلية وعلى اقتصاديات مشروع الصرف، فتستعمل المواسير الخرسانية مثلا حيث صناعة مواسير الفخار غير موجودة، كذلك قد يكون استعمال المواسير البلاستيك مناسبا حيث أجور العمال عالية إذ أن سهولة إنشاء المصارف من هذا النوع يغرى بالاستعمال وإن كان البلاستك أعلى تكلفة من بعض الأنواع الأخرى. أما المواسير المعدنية فتستعمل عادة حيث المصارف ضحلة، وحيث طبقة الأتربة التى تغطى المواسير غير سميكة حيث قد يؤدى المرور والأحمال فوقها إلى كسر أى نوع آخر من المواسير فى حالة استعمالها. وكثيرا ما تستعمل المواسير المعدنية كمصبات للمصارف المغطاة وعند تقاطعات الطرق وحيث الأحمال ثقيلة .

تحديد اطوال الموصلات

يمكن الحصول على طول الوصلة من أشكال ٩٧ ، ٩٨ ، ٩٩ ، ١٠٠ كل منها لقطر ماسورة معين بمعرفة معامل التوصيل الهيدروليكى للمرشح أو الفلتر الزلطى حول الوصلات وبمعرفة كمية المياه المطلوب إمرارها بين كل وصلتين من شكل ١٠١ وقد صممت الأشكال ٩٧ ، ٩٨ ، ٩٩ ، ١٠٠ على أساس مسافة $\frac{1}{8}$" بين الوصلات ما عدا الخط المنقط بشكل ٩٧ الذى حسب على أساس فاصل أو فتحة بين الوصلات $\frac{1}{4}$" كى يظهر عدم تأثير اتساع هذه الفتحة بين الوصلات على إمرار تصرف أكبر من المياه . كما روعى فى تصميم هذه الأشكال أن سطح المــــاء الارضى يقع فوق الفلتر الزلطى مباشرة الذى يكون سمكا ٤" حول الماسورة .

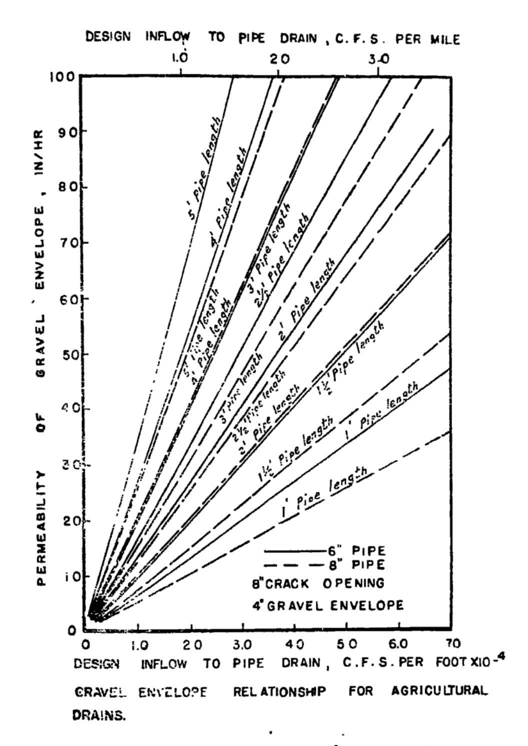


شكل ٩٧ : تحديد أطوال الوصلات بمعرفة التصرف المار بينها ومعامل التوصيل الهيدروليكى للفلتر الزلطى حولها .

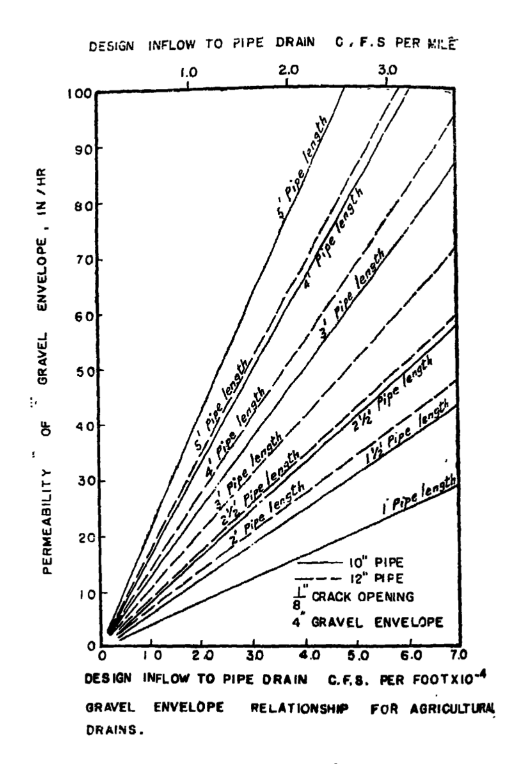


GRAVEL ENVELOPE RELATIONSHIP FOR AGRICULTURAL DRAINS.

شكل ٩٨ : تحديد أطوال الوصلات بمعرفة التصرف المار منها ومعامل التوصيل الهيدروليكى للفلتر الزلطى حولها.



شكل ٩٩ : تحديد أطوال الوصلات بمعرفة التصرف المار منها
ومعامل التوصيل الهيدروليكي للفلتر الزلطي حولها .



GRAVEL ENVELOPE RELATIONSHIP FOR AGRICULTURAL DRAINS.

شكل ١٠٠ : تحديد أطوال الوصلات بمعرفة التصرف المار منها ومعامل التوصيل الهيدروليكى للفلتر الزلطى حولها.

Drain tile

Gap

→| |← 2 mb

Gravel envelope

LONGITUDINAL SECTION

CROSS SECTION OF DRAIN

Q : Rate of inflow through one longitudinal gap, (L^3T^{-1})

K : Permeability of gravel envelope, (LT^{-1})

$\bar{H}$: Average potential difference, (L)

$Q = bHK\phi$

$\frac{\bar{H}}{H} = 1 - \frac{d}{16CH}\left(27 + 29\frac{d}{a}\right)$

n = 0.3, n = 0.4, n = 0.5, n = 0.7, n = 1, n = 1.5, n = 2, n = 2.5

FLOW ENTERING SPACED DRAIN TILE FROM A GRAVEL ENVELOPE

m: 0.002, 0.005, 0.01, 0.02, 0.05

$\phi(m, n)$: 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0

شكل ١٠١ : تحديد كمية المياه المطلوب امرارها بين وصلتين

ويمكن استعمال الرسومات بطريقة أخرى إذا أريد استخدام طول وصلة معين للحصول على معامل التوصيل الهيدروليكى للفلتر الزلطى المطلوب وضعه حول الفواصل .

مثـــال

مصرف مغطى قطره ٤" يراد وضعه حيث التصرف ٠٫٠٠٠١٤ قدم³/ثانية للقدم الطولى أى حوالى ٠٫٧٤ قدم³/ثانية/ميل طولى من المصرف وقد حصل على عينة من الرمل والزلط من محجر مجاور فوجد أن أقطارها تتراوح من المار من منخل رقم ٢٠٠ إلى ٣" علماً بأن الأحجار الأكبر من ٢" يجب فصلها حتى لا تؤدى إلى كسر المواسير أثناء التنفيذ . وقد اختبر معامل التوصيل الهيدروليكى للمواد أقل من ٢" فى المعمل (Disturbed) فوجد أنه يساوى ٣٢ بوصة/ساعة .

الحـــــل

من شكل ٩٧ نجد أن الوصلات بطول ٢" أو أقل مع فلتر زلطى بسمك ٤" تفى بالمطلوب .

تحديد الفواصل (Cracks) بين وصلات

المصارف المغطاة

التصرف المار بين الفواصل - كما هو واضح من الرسومات بشكل ٩٧ - لا يتأثر كثيرا باتساعها ولكن يمكن إيجاد هذه الفواصل أو الفتحات كالآتى :

معادلة كركهام ودلز (Dulz) عام ١٩٥٠ :

$$Q = \frac{2\pi K (t + d - r)}{\ln \frac{2d}{r} + \frac{2S^2}{2C\pi^2} \cdot \frac{S_1 + S_2}{2}} \qquad [74]$$

حيث :

Q : معدل التصرف للوحدة الطولية من المصرف المغطى ،

K : معامل التوصيل الهيدروليكى ،

t : ارتفاع المياه المتراكمة على سطح الارض ،

d : العمق من سطح الأرض حتى مركز داسورة المصرف ،

2a : القطر الداخلى للمصرف المغطى ،

2r : القطر الخارجى للمصرف المغطى ،

2S : طول وصلة المصرف المغطى + الفاصل ،

2C : طول الفاصل بين الوصلات و

S_1، S_2 : حدان يمكن إيجادهما من الجدول ٣٠ .

كما أعطى كركهام وشواب (Schwab) عام ١٩٥١ المعادلة :

$$Q = \frac{4K(t + d - r)}{C + \frac{2}{\pi}\ln\frac{2d}{r}} \qquad [75]$$

فى حالة المواسير المخرمة حيث :

Q : التصرف المار بالماسورة المخرمة و

C : ثابت يعتمد على القطر وعلى المسافات بين الأخرام بماسورة المصرف وعلى قطر المصرف المغطى يمكن إيجاده .

(أنظر كركهام وشواب ١٩٥١) .

$\frac{C}{S}$	$a/s = 1.6/\pi$		$a/s = 0.8/\pi$	
	S_1	S_2	S_1	S_2
32/1440	0.22912	0.18186	0.21141	0.16515
16/1440	0.13849	0.11455	0.12942	0.10572
8/1440	0.08128	0.06925	0.07668	0.06471
4/1440	0.04666	0.04066	0.04434	0.03834
2/1440	0.02634	0.02333	0.02517	0.02217
1/1440	0.01468	0.01317	0.01405	0.01259

جدول ٣٠ : قيم S_1 ، S_2 لتحديد الفواصل بين وصلات المصارف المغطاة .

الاختبارات التي تجرى على المواسير

لابد من توفر المميزات الآتية لمواسير الصرف حتى تؤدى واجبها على الوجه الأكمل :

١ ـ مقاومة التغيرات الجوية وعدم التلف فى التربة ،

٢ ـ تحمل الأثقال التى تتعرض لها والمصممة على أساسها ،

٣ ـ ذات كثافة عالية أو بمعنى آخر تشرب منخفض للمياه ،

٤ ـ مقاومة التجمد والسيولة على التوالى ،

٥ ـ عدم وجود أى عيوب مثل الشروخ أو الكسور و

٦ ـ انتظام الشكل والمقطع .

ومن أجل ذلك يجرى الآتى :

تقسم المواسير إلى مجموعات كل منها من ٥٠٠ــ١٠٠٠ ماسورة، وتختار خمسة مواسير كعينات من كل مجموعة لإجراء الاختبارات الآتية عليها :

١ ـ اختبارات كيماوية : للتأكد من عدم تآكل جدرانها ، ومن مقاومتها للعوامل الجوية، ومن مقاومتها للأملاح ، (تبدأ المواسير الأسمنتية فى التآكل حينما تصل أملاح كبريتات الصوديوم والمغنسيوم إلى ١٥٠٠ جزء فى المليون والتى لا تزيد عن ٥٠٠ جزء فى المليون فى معظم الأراضى المصرية) قبل استعمالها فى الحقل، فالمواسير الأسمنتية تتأثر بالحموضة حيث أن الأسمنت البورتلاندى قاعدى من الوجهة الكيماوية ، كما تتأثر بمحاليل أملاح الكبريتات غير أن ضعف نفاذية الجدران يقاوم الكبريتات ، كما أن معالجة المواسير بالبخار بعد صنعها، (نحو ١٧٧° م) لمدة ستة ساعات، تعطى مواسير الأسمنت البورتلاندى مناعة ظاهرة . وهناك أنواع معينة من الأسمنت تقاوم تأثير الكبريتات كالأسمنت

الألومينى . والكبريتات تكون بلورات من الكبريتات ، لا تلبث أن يزداد حجمها مكونة قوى داخلية (Internal stresses)، كتلك التى تحدث عند تجمد المياه وزيادة حجمها .

ب – اختبارات قياسية : للتأكد من مطابقة مقاساتها، إذ يجب ألا يقل قطر الماسورة عن القطر المطلوب بأكثر من ٢ ٪ ، وكذلك للتأكد من مطابقة استدارتها وسمكها للمواصفات .

ح – اختبارات طبيعية : للتأكد من :

١ – قوة تحملها، وذلك عن طريقة اختبار التحميل (Load test)وقوة السحق (Crushing strength) ، أى معرفة مدى قدرة الماسورة على حمل الأثقال (ردم وخلافه) فوقها، ويجرى هذا الاختبار على عينات المواسير بعد مرور ٢٨ يوماً على الأقل من صبها، وبعد أن تبقى مبتلة لمدة أقلها ١٢ ساعة قبل الاختبار مباشرة، ويمكن إجراء مثل هذه الاختبارات بمعامل كليات الهندسة أو معامل وزارتى الرى بالقناطر، ويجب ألا يقل حمل الكسر عن ١٠٠٠ رطل على القدم الطولى للمواسير قطر من ٤" إلى ١٢" .

وبصفة عامة لا يجب أن تقل قوة السحق عن ٨٠٠ رطل/قدم طولى لجميع الأقطار إذا قيست قوة السحق بطريقة الثلاثة أطراف محملة (3 edge bearing method) ولا تقل عن ١١٠٠ رطل/قدم طولى فى حالة الأنواع الخاصة (extra quality) مقاسة بنفس الطريقة ،

٢ – مدى تشرب المواسير للمياه (Absorbtion test)، ويتلخص الاختبار فى أخذ عينتين من طرفى الماسورة وثالثة من وسطها مساحة كل عينة

Diameter (inches)	Clay Sewer Pipe		Conc. sewer pipe		Clay Drain Tile			Conc. drain tile		Concrete pipe for irrigation & drainage
	Std. strength	Extra strength	Std. strength	Extra strength	Std. strength	Extra quality	Heavy duty	Std. quality	Extra quality	
4	1500	–	1500	3000	1200	1650	2100	1200	1650	1800
5	–	–	–	–	1200	1650	2100	1200	1650	1875
6	1650	3000	1650	3000	1200	1650	2100	1200	1650	1950
8	1950	3000	1950	3000	1200	1650	2250	1200	1650	2025
10	2100	3000	2100	3000	1200	1650	2325	1200	1650	2100
12	2250	3375	2250	3375	1200	1650	2550	1200	1650	2250
14	–	–	–	–	1260	1650	2775	–	1650	2400
15	2625	4125	2620	4175	1305	1725	2970	–	1650	2475
16	–	–	–	–	–	1800	3150	–	1650	2350
18	3000	4950	3000	4950	–	1950	3510	–	1800	2700
20	–	–	–	–	–	–	–	–	1950	2775
21	3300	5775	3300	5775	–	2175	4020	–	2100	2850
24	3600	6600	3600	6000	–	2500	4500	–	–	3000
27	4125	7050	–	–	–	2700	5000	–	–	–
30	4800	7500	–	–	–	3000	5385	–	–	–
33	5250	8250	–	–	–	–	–	–	–	–
36	5850	9000	–	–	–	–	–	–	–	–

Table 31: Allowable Crushing Srength of Pipe Used for Drains in Gravel Envelope in lbs/linear ft.

مابين ٧٥-١٢٥ سم٢ ، ثم توزن العينات بعد وضعها التجفيف فى فرن درجة حرارته مابين ١١٠-١٢٠°م لمدة ١٦ ساعة، ثم يعاد الوزن بعد كل ٣ ساعات من التجفيف حتى لايزيد الفرق بين وزنتين متتاليتين عن ١ / ١٠٠٠ من الوزن الأصلى للعينة، ويعتبر الوزن الجاف للعينة هو آخر وزنة بعد التجفيف والتبريد إلى درجة حرارة ٢٠ + ٥°م، ثم توضع العينات الجافة مغمورة فى ماء عذب رائق، ويتم تسخينه إلى الغليان فى مدة ساعة، ثم يستمر التسخين لمدة خمس ساعات أخرى، ثم تترك العينات لتبرد تدريجيا إلى درجة حرارة ٢٠ + ٥°م وتترك لمدة دقيقة بعد تبريدها وتوزن ليكون الفرق بين الوزن الأخير والوزن الجاف هو وزن الماء الذى تشربته العينة ومنه تحدد النسبة المئوية للتشرب . ويجب ألا يزيد متوسط النسبة المئوية للتشرب عن ٧٫٥ - ٨ ٪ من الوزن الجـــاف فى حالة المواسير الأسمنتية والخرسانية، وعن ١٦ ٪ فى حالة المواسير الفخار العادية تحت الظروف العادية، وعن ١٢ ٪ للمواسير العادية تحت الظروف القاسية، وعن ١١ ٪ فى حالة المواسير جيدة الصنع (Extra quality) تحت ظروف تعرض المواسير الصقيع (Frot) ،

٣ - مدى مقاومة المواسير التجمد عند ذوبان الثلوج فى المناطق الباردة حيث تجرى تجربة التجمد (Freesing test)، وتجرى فقط للمواسير الفخار التى ترتفع نسبة تشربها عن ١١-١٣ ٪ والتى يحتمل أن تتعرض لتجمد الثلوج وذوبانها .

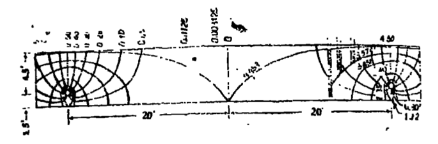
د : الفحص الظاهرى : التأكد من خلو سطوح المواسير الداخلية والخارجية من أى شروخ أو شقوق أو تفلقات، والتأكد من استواء نهايتى كل ماسورة بحيث يسمح ذلك بالتصاق أى ماسورة مع الأخرى من نفس القطر . كذلك يجب التأكد من استقامة المواسير بحيث لايزيد الانحراف عن الخط المستقيم فى كل ماسورة عن ١ ٪ من الطول .

حركة المياه إلى المصارف المغطاة وداخلها

سبق أن أشير باختصار إلى كيفية وصول المياه إلى المصارف ، وإلى أنواع المياه الأرضية في التربة، وحركة هذه المياه، ونضيف الآن أن المياه الأرضية تدخل إلى مواسير الصرف خلال وصلاتها فقط، أى خـــلال الفتحات أو الفواصل التى يجب تركها بين كل وصلتين متجاورتين، والتى لا يجب أن تزيد (Cracks) عن ٥ر٠ سم فى التربة الرملية للوصلات بطول ٣٠ سم . كما أن خطوط انسياب المياه الرئيسية إلى المصارف تقع عند عمق أقـل من $\frac{1}{8}$ المسافة بين المصارف وتحت منسوب هذه المصارف، بمعنى أنه لو وجدت طبقة مسامية جداً على عمق أكبر من ٤ متر فى حالة المسافات بين المصارف ٢٠ متر، أو على عمق ٧ متر فى حالة المسافات بين المصارف ٦٠ متر ، فإنه لا تأثير إطلاقا على حركة المياه تجاه المصارف من هذه الطبقات المسامية جداً . والملاحظ أيضا أن أهم الطبقات الأرضية هى التى تقع فيها المصارف حيث تتجمع مسارات المياه تجاه المصارف عندها . وبعد دخول المياه إلى المواسير، تسير فيها الميـاه حرة أى ليست تحت تأثير ضغط إلا أثنـاء فترة قصيرة جداً عقب الرى مباشرة ، والحركة الحقيقية للمياه نحو المصارف المغطاه غير منتظمة من الزمن (Unsteady flow) غير أنه كثيرا ما نفترض أنها حركة منتظمة أو ثابتة مع الزمن (Steady) وذلك بغرض سهولة الوصول إلى حلول رياضية بسيطة قد لا تفترق كثيرا عما يحدث بالطبيعة فعلا .

١ — حركة المياه فى تربة متجانسة مشبعة بالمياه حتى سطح الأرض :

يبين شكل ١٠٢ الشبكة المائية (Flow net) فى حالة وضع المصارف فوق طبقة غير مسامية حيث يظهر على النصف الأيمن للشكل منحنيات الجهد المتساوية



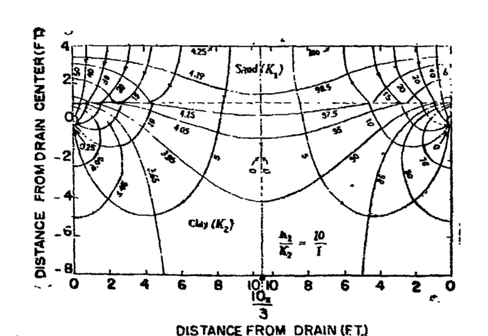
شكل ١٠٢: الشبكة المائية لمصارف على مسافات متساوية وعلى عمق ٤ ¾ قدم ومسافة ٤٠ قدم وضعت فوق طبقة غير مسامية عمقها ٦ قدم.

أو الضغط البيزومترية المتساوية (Equipotentials) ، وقد كتب على كل منها الجهد بالقدم ، كما يظهر فى النصف الايسر للشكل منحنيات تدفق أو انسياب تيار الماء (Streamlines)، وقد كتب على كل منحنى نسبة التصرف المار بين المنحنى ومنتصف المسافة بين المصارف حيث يقع منحنى تدفق صفر وذلك بالنسبة للتصرف الكلى .

ويظهر من الشبكة المائية أن ٦٠ ٪ من التصرف عند سطح الارض تدخل التربة خلال قدمان فقط حول جانبى المصرف بمعنى أن منحنيات انسياب المياه تقترب من بعضها فوق المصرف مباشرة وتبعد عن بعضها كلما زاد البعد عن المصرف، أى أن المياه تدخل بسرعة فوق المصرف مما يحتم معه وضع المصارف تحت المساحات التى تتجمع بها المياه مباشرة ، كذلك فإن اقتراب منحنيات الجهد المتساوية قرب المصرف تشهد بأن ٥٠ ٪ من مجموع منحنيات الجهد تفرق خلال مسافة حوالى ضعف قطر المصرف، وبالتالى فإن الضاغط الهيدروليكى سرعان ما يتبدد قرب المصارف مما يدعو لتغليفها بمواد مسامية لزيادة فعاليتها .

ب — حركة المياه فى تربة غير متجانسة

ويبين شكل ١٠٣ الشبكة المائية فى تربة ذات طبقتين مختلفتى التوصيل الهيدروليكى :



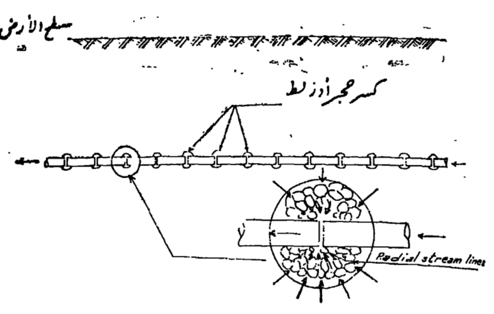
شكل ١٠٢ : الشبكة المائية لمصارف مغطاة وضعت فى الطبقة السفلى لتربة ذات طبقتين مختلفتى التوصيل الهيدروليكى .

وصلات المواسير

هناك كثير من أنواع وصلات المواسير حسب كل نوع من المواسير ولكن الشائع الاستعمال فعلا هو الخمسة وصلات الآتية :

(١) وصلة منفصلة او عادية (Plain) : وتعمل لمصارف الدرجة الرابعة أو الحقليات تحت الظروف العادية ويلاحظ أن دخول المياه إلى المواسير أو حركة المياه إلى الوصلات قطرى (Radial) كما هو مبين بالشكل .

وتترك مسافات (Cracks) بين الوصلات تتراوح ما بين ٠ر١ — ٠ر٢مم، وينصح بعدم زيادتها لعدم الجدوى من ذلك ، فقد ثبت أن زيادة هذه المسافات



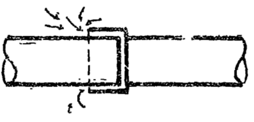
شكل ١٠٤ : وصلة مواسير منفصلة أو عادية

إلى الضعف يؤدى إلى زيادة فى حجم المياه المتدفقة إلى المصرف بمقدار ١٠٪ فقط، بينما قد ينتج عن زيادة المسافات دخول الأتربة وصرصرة (*) المياه (Piping) . وقد لوحظ أن المصارف ذات المرشح الزلطى أو المغلفة بالزلط تمنع دخول الأتربة إلى المصارف بفعالية أكثر من تضييق الفواصل بين الوصلات .

(ب) وصلة متداخلة (Pipes with Bell - and - Spigot) :

وخطورتها ضيق أو انسداد الفتحات ما بين الوصلات . وفى هذا النوع

* Piping : washing of fine material into the tile line by the inflowing water. Materials which are most susceptible to piping are very fine sand and coarse silt which are entirely lacking in cohesion and are sufficiently small to be moved by very low velocities of water.

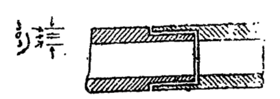


شكل ١٠٥ : وصلة متداخلة

يكون آخر الماسورة ذو قطر أكبر بحيث يتسع لإدخال طرف الوصلة الأخرى به كما هو موضح بالشكل . ولاينصح باستعمال هذا النوع من الوصلات فى حالة المواسير الفخار، وذلك لعدم انتظام توزيع الأحمال على طول الماسورة مما يؤدى إلى تركيزها فوق الوصلات فقط، علاوة على عدم دخول المياه إلى المصرف بسرعة منتظمة (Uniform veloctiy) نتيجة لعدم استقامة خطوط سير المياه مما يسبب تحريك حبيبات التربة حول الوصلة وانسداد الفواصل فى كثير من الأحيان .

(ح) نوع آخر من الوصلات المتداخلة

: (Pipes with Tongue - and groove ends)



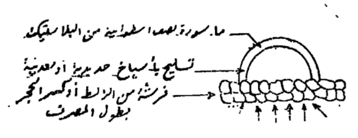
شكل ١٠٦ : وصلة متداخلة

Pipes with Tongue - and groove ends:

وهذا النوع من الوصلات له بعض عيوب الوصلة السابقة علاوة على ارتفاع التكاليف مما يدعو إلى عدم استعمال أى منها كثيراً ، وتسمى أحياناً هذه الوصلة بوصلة الذكر والأنثى .

(د) فرشة بطول المواسير النصف اسطوانية :

فى هذه الحالة تدخل المياه بطول المصرف مما لا يدعو إلى التقيد بطول معين لوصلات المواسير ، أو بوصلات على أبعاد معينة كما هو الحال فى أنواع الوصلات



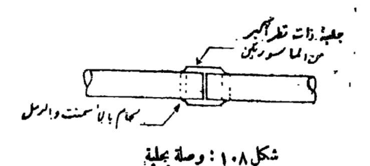
شكل ١٠٧ : فرشة بطول مواسير الصرف.

السابقة . والفكرة الأساسية فى استعمال هذا النوع هو أن حوالى ٧٠٪ من مياه الصرف تدخل إلى المصارف من نصفها السفلى .

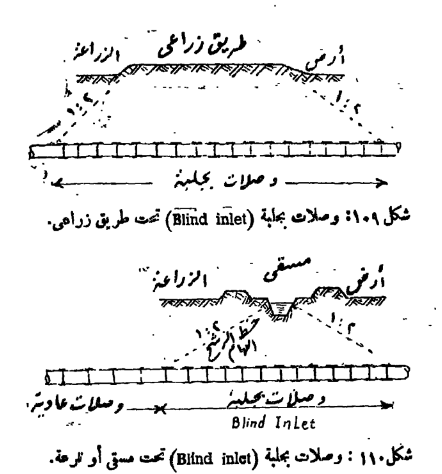
(هـ) ماسورة بجلبة (وصلات ملحومة بالأسمنت)

: (Pipes with sealed openings)

كما فى شكل ١٠٨ وشكل ١٠٩ ، ١١٠ إذ يستعمل هذا النوع من الوصلات تحت الطرق الزراعية أو تحت المساقى والمراوى والترع وذلك لمنع فقد المياه منها، كما تستعمل إذا كانت مياه الصرف كمياتها قليلة وبها مواد عالقة بكمية كبيرة ويخشى من ترسيبها، ويراعى فى مثل هذه الحالة استعمال الزمل أو الزلط فى الردم



شكل ١٠٨ : وصلة بجلبة



شكل ١٠٩: وصلات بجلبة (Blind inlet) تحت طريق زراعى.

شكل ١١٠ : وصلات بجلبة (Blind inlet) تحت مسق أو ترعة.

فوق المواسير . والعيب فى هذه الوصلات هو ارتفاع التكاليف التى قد تصل إلى الضعف أو أكثر بالنسبة لتكاليف الوصلة العادية .

ويحسن إحاطة هذا النوع من الوصلات بورق مقطرن (Tar paper) أو خيش مقطرن لتقليل رشح الترعة إلى المصرف كما تحاط بكسر الحجارة أو الزلط أو رجوع الفحم المتخلف من حريق الفحم إلا إذا كانت التربة حولها متماسكة .

كما يلاحظ أنه من الأفضل دائما أن تحاط المصارف المغطاة الحقلية بطبقة من الرمال بطول المصرف لعدم تركيز المياه عند الوصلات فقط وتوزيع المياه توزيعا عادلا ما أمكن بطول المصرف .

المرشحات (Filters) :

كثيرا ما يحدث بعض الضغوط نتيجة رشح المياه (Seepage pressures) مع دخول مياه الصرف إلى المصارف عند الوصلات أو الفرشة تحتها مما يؤدى إلى تحريك حبيبات التربة وخلخلتها لاسيما الأحجام من ٠٥ر٠ إلى ٠ر١ مم مما يسبب هبــوط أو نحر حول الوصلات أو تحت الفرشة ، وكثيرا ما يؤدى ذلك إلى انسدادهـا . لذلك من الضرورى منع هجرة هذه الحبيبات بتغطية أو تغليف الوصلات بمواد خشنة أى أكبر حجما تسمى مرشحات (Filters) بسمك يساوى ٤ بوصة على الأقل حتى لا تعوق حركة المياه ولتطيل من عمر شبكة الصرف، وتقلل الحاجة إلى صيانتها وتزيد من قدرة المصارف على استيعاب المياه بالمساعدة على إمرار مياه الصرف بحرية أكثر، إذ أن المرشحات أكثر نفاذية من مواد التربة لمرور المياه، وبذلك فقد تؤدى إلى زيادة المسافة بين المصارف. وقد توضع فرشة بطول المواسير لاسيما فى حالة الأراضى الصودية والتى يخشى من عدم استقامة تخطيطها أو تغير ميولها .

وقد تتكون المرشحات (حول مواسير الصرف أو لغيرها من أعمال هندسية) من طبقة واحدة أو من عدة طبقات كل منها بتدرج خاص. وبذلك يمكن تقسيمها إلى طبقات منتظمة (Uniform) أو متدرجة (Graded) فالحبيبات منتظمة الحجم هى التى تحوى مجالا ضيقا من الحجوم كتلك التى لها معامل انتظام Uniformity) coefficient (حوالى ٣ أو ٤ . أما المرشح المتدرج فهو الذى يحوى مجالا واسعا من حجوم الحبيبات والتى قد تكون منحنيات تدرجها (Gradation curves) مقعرة أو محدبة أو على شكل (S) أو خطوط مستقيمة ويمكن تقسيمها من فقيرة التدرج (Poorly graded) إلى حسنة التدرج (Well graded) حسب شكل منحنياتها .

أولا - احتياجات المرشح أو الغلاف الواطى :

١ - أن يكون أكثر نفاذية للمياه منها لحبيبات التربة أى يكون قطر حبيبات المرشح أكبر من قطر حبيبات التربة المحيطة . وذلك حتى لا يتولد أى ضاغط هيدروليكى ،

٢ - منع حركة التربة إلى المصرف أو إلى المرشح ذاته ، بمعنى أن تكون الفراغات بين حبيبات المرشح صغيرة بدرجة أنها تمنع حبيبات التربة حولهـــا من الدخول ،

٣ - أن يكون سمك المرشح كاف لحسن توزيع أحجام مواده ولخلق عزل كاف عن التربة فى حالة التصقيع و

٤ - أن تمنع حركة مواد الفلتر إلى داخل المواسير بتضيق الفتحات أو الفواصل بينها بالقدر الكافى ، ومن أجل ذلك يحسن أن يزداد قطر الحبيبات كلما قربت من وصلات المصرف..

ثانيا - حجم حبيبات المرشح :

هناك عدة علاقات لتحديد حجم حبيبات المرشح نذكر منها :

ا - غير متساوية يعمل بها فى إلينوى(Illinois) :

$$\frac{D_{15}\ (\text{of filter})}{D_{85}\ (\text{of protected soil})} < 4 \leq \frac{D_{15}\ (\text{of filter})}{D_{15}\ (\text{of protected soil})}$$

حيث (D) تمثل قطر معين منتخب بين حبيبات عينة وزنها (ك) مثلا ، وحيث وزن الحبيبات أقل من (D) يساوى ($ك_1$) وحينئذ يمثل الرقم إلى الأسفل من

(D) النسبة (ك١ / ك) . فمثلا (D_{15}) هو القطر أو الحجم الذى عنده ١٥٪

من المادة أنعم أو أقل من القطر (D) .

ومعنى غير المتساوية (٧٦) أن (D_{15}) للمرشح يجب أن تكون أكبر من ($4D_{15}$) وأقل من($4\ D_{85}$) لحبيبات التربة المطلوب حمايتها (أخشن جزء منها) وقد دلت التجارب على أن تدرج المواد المرشحة الآتى بجدول ٣٢ يعطى مواد مرشحة مناسبة جدا :

رقم المنخل حسب المواصفات الامريكية	نسبة المار من المنخل
٥	٩٠ - ١٠٠
١٩	٧٠ - ٩٠
١٨	٣٥ - ٨٠
٢٥	٢٠ - ٦٠
٦٠	٥ - ٣٠
١٢٠	صفر - ٨

جدول ٣٢ : تدرج المواد المرشحة.

كما يوصى كثير من المهندسين بالتدرج الآتى بجدول ٣٣ لحبيبات الولط حيث يعطى كفاءة عالية:

رقم المنخل حسب المواصفات الامريكية	نسبة المار من المنخل ٪
$\frac{3}{4}$	١٠٠
٥	٧٥ - ٨٥
١٠	٥٠ - ٧٠
١٨	٢٠ - ٤٠
٣٥	٥ - ١٥
٦٠	صفر - ٥

جدول ٣٣ : تدرج المواد المرشحة.

ب ـ النسب الحرجة لبرتران (Bertran, 1940) :

$$\frac{D_{15}\ (\text{filter})}{D_{15}\ (\text{soil})} \geqslant 9 \qquad [77]$$

$$\frac{D_{15}\ (\text{filter})}{D_{85}\ (\text{soil})} \geqslant 6 \qquad [78]$$

جـ ـ معادلات ليذروود وبيترسن (Leatherwood and Peterson) عام ١٩٥٤:

من اجل استقرار الرشح :

$$\frac{D_{15}\ (\text{filter})}{D_{85}\ (\text{soil})} = 4\cdot1 \qquad [79]$$

$$\frac{D_{50}\ (\text{filter})}{D_{50}\ (\text{soil})} = 5\cdot3 \qquad [80]$$

د ـ مواصفات مكتب الاستصلاح الامريكي للمرشحات:

١ ـ للمرشحات منتظمة الحجم (Uniform grain-size) :

$$\frac{D_{15}\ (\text{filter})}{D_{85}\ (\text{soil})} = 5$$

مع ضرورة أن يكون المرشح ذا كفاءة عالية .

٢ ـ المرشحات ذات الحبيبات غير حادة الحروف (Subrounded particles):

$$\frac{50\,\%\ \text{size of filter}}{50\,\%\ \text{size of soil}} = 12 - 58 \qquad [81]$$

$$\frac{15\,\%\ \text{fine size of filter}}{15\,\%\ \text{fine size of soil}} = 12 - 40 \qquad [82]$$

وبالرجوع إلى منحنى التحليل الميكانيكى (شكل ١١١) التربة يجرى الآتى :

ـ بضرب القيمة عند تقاطع الخط الأفقى المار بنسبة ٥٠ ٪ للتربة (النقطة أ) فى القيمتين ١٢ ، ٥٨ يتحدد المدى الذى يجب أن يكون عليه بنسبة ٥٠ ٪ من قطر المرشح (النقطتين ١' ، ١") ،

ـ بضرب القيمة عند تقاطع الخط الأفقى المار بنسبة ١٥ ٪ للتربة فى القيمتين ١٢ , ٤٠ يتحدد المدى الذى يجب أن يكون عليه نسبة ١٥ ٪ من قطر المرشح،

ـ يحدد المرشح المطلوب بأنه المنحنى الذى يقع فى المتوسط بين المدى الأعلى والمدى الأوطى السابق إيجادهما :

وعمليا فإن المرشح الزلطى المتدرج تكون أقطاره فيما بين ٥ - ١٥مم.

٣ ـ المرشحات ذات الحبيبات حادة الأطراف :

$$\frac{50\%\ (\text{size of filter})}{50\%\ (\text{size of soil})} = 9 - 30 \qquad [83]$$

$$\frac{15\,\%\ (\text{size of filter})}{15\,\%\ (\text{size of soil})} = 6 - 18 \qquad [84]$$

Clay | Silt | Sand | Gravel

% Finer by weight

15% finer

Soil fines

base

Lower limit of graded filter

Upper limit of graded filter

0.001 0.002 0.006 0.01 0.02 0.00 0.1 0.2 0.5 1 2 6 10 20 60 100

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

Diameter, in m.m.

شكل ١١١ : منحنيات التحليل الميكانيكى للتربة ومنها يحصل على منحنيات تصميم المرشح للمصارف .

ثالثاً — مواد المرشحات :

وقد يستعمل كمادة للمرشحات الزلط بأقطار متدرجة من ٢ إلى ٣ والبيت (Peat) . كما يستعمل أيضا الصوف الزجاجى (Glass wool) مع أو بدون الرمال المتدرجة وكذلك أنسجة الزجاج (Glass fibers) الذى تصنع منها رقائق تلف بها الوصلات وقد لوحظ أن تأثيرها فعـــال جدا فى حجز حبيبات الرمال والسلت ولكن لوحظ أن مساميتها تقل كثيرا إذا احتوت مياه الصرف بعض مركبات الحديد ولا يفضل استعمال الخشب والحطب لتحللها وتركها فراغات تملأ بالمياه حول خط الصرف مسببة انهياره .

وتتبع القواعد الآتية بصفة عامة :

١ - إذا كانت التربة تحتوى على أكثر من ١٠ ٪ زلط وأكثر من ١٠ ٪ مواد ناعمة (تمر من منخل ٢٠٠) فإنه يستعمل الجزء من التربة المار من منخل رقم ٤ كقاعدة للمرشح ،

٢ - لا يزيد حجم مـــواد المرشح عن ٣,٠ بوصـــة لتفادى انفصال (Segregation) حبيبات المرشح ومنع تقنطرها (Bridging) أثناء وضعها .

٣ - لايجب أن يحتوى المرشح على أكثر من ٥ ٪ مواد ناعمة (تمر من منخل ٢٠٠) لمنع حركتها إلى مواسير الصرف ،

٤ - يجب أن يوازى منحنى تدرج المرشح منحنى تدرج التربة ولو فى مدى المواد الناعمة بقدر الإمكان ،

٥ - الجزء الخشن من المرشح يجاور مواسير الصرف التى تختـــار المسافة بين وصلاتها أو ثقوبها مساوية (على الأكثر) لنصف حجم الـ ٨٥ ٪ من حجم حبيبات المرشح ،

٦ - تثبت التربة جيدا قبل وضع المرشح الذى يجب أن يكون نظيفا ومحتويا على رطوبة كافية (٣ - ١٠ ٪) أثناء وضعه بطريقة لا تؤدى إلى انفصال حبيباته،

٧ - تضغط حبيبات المرشح جيـــدا (١٠٠ ٪) إذا كان سمكها رفيعا بينما تضغط لحد يوازى ٧٠ ٪ إذا كان المرشح سميكا ،

٨ - لا يقل سمك المرشح إذا كان حجم حبيباته كبيرا عن ٨ بوصة منها سمك ٦ بوصة من حبيبات رفيعة ،

٩ - سعة مواسير المصرف تكون كافية لنقل وجمع مياه التسرب و

١٠ - تحمى الفتحات بين الوصلات أو الثقوب أثناء وضع المواسير من دخول المواد الناعمة بحمايتها بالخيش أو أى مادة نفاذة مناسبة.

تخطيط المصارف المغطاة وتصميمها

يعتمد تخطيط المصارف المغطاة على طبوغرافية سطح الأرض ونوع التربة، ففى حالة الأراضى الصودية يحسن ألا تخترقها مواسير المصرف حتى لا يسبب الحفر والردم حدوث (Puddling) مما قد يضطر الأمر معه كثيرا إلى ردم خنادق الحفر فوق المواسير بالزلط . كذلك يعتمد وضع المصارف على نفاذية طبقات التربة وعلى نوع الحماية المطلوبة للحقل ومن أجل ذلك تجرى الأعمال الآتية قبل البدء فى تنفيذ مشروع المصرف المغطى :

اولا — المباحث والدراسات الحقلية المطلوبة :

من أجل الوصول إلى كفاءة عالية لفاعلية المصرف الحقلى يجرى عمل الآتى :

أ - إعداد الخرائط المساحية اللازمة للمباحث والتصميم والتنفيذ وتحتوى :

١ - خرائط مقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ لبيان مواقع المناطق المطلوب صرفها والمباحث التي تمت والجاري عملها والمطلوب إجراؤها ،

٢ - خرائط مقياس ١ : ٢٥,٠٠٠ يوقع عليها أية مراوى أو مصارف رئيسية وطرق ، ونقط تقاطعها كما يبين عليها خطوط الكنتور بفترة كنتورية ١ : ١ متر لغرض تحديد التخطيط العام بالنسبة للمجمعات ، وكذلك يوضح على هذه الخرائط مواقع نقط الرصد والبيزومترات للمياه الأرضية ، ومواقع قياس النفاذية ومعامل التوصيل الهيدروليكي وملوحة التربة والمسامية ،

٣ - خرائط مقياس ١ : ١٠,٠٠٠ يرسم عليها خطوط الكنتور بفترة كنتورية ¼ متر لتحديد التخطيط التفصيلي لشبكة الصرف بالنسبة للمجمعات والحقليات وتحديد انحدار سطح الأرض ، كما يوضح عليها مناسيب المياه الأرضية واتجاهات سيرها وملوحتها ، علاوة على بيان معامل التوصيل الهيدروليكي والمسامية ،

٤ - خرائط مقياس ١ : ٢٥٠٠ لتخطيط المجمعات وتنفيذها وبيـــان تعويضات الزراعة ،

ب - عمل الميزانيات الشبكية لإنشاء الخرائط الكنتورية بالمقاييس والفترات الكنتورية المطلوبة ودراسة طبوغرافية المنطقة والتفاصيل المساحية لها ،

حـ - عمل الجسات اللازمة لتحديد نوع التربة وبنائها وأعماق طبقاتها لاسيما الطبقة الصماء أو ذات النفاذية الصغيرة ،

د - قياس بعض الخواص الطبيعية لطبقات التربة مثل معـامل التوصيل الهيدروليكي والملوحة و

هـ - دراسة المياه الارضية لقياس أعماقها وملوحتها وتحديد اتجاهات سيرها .

ثانيا ـ أعمال التصميمات اللازمة لشبكة الصرف :

ا ـ عمل القطاعات الطولية والعرضية للمصارف المكشوفة الموجودة أو المطلوبة ويبين عليها مناسيب أقصى تصرفات عند مصبات الجمعات ،

ب ـ تخطيط الجمعات على خرائط مقياس ١ : ٥٠٠٠ أو ١ : ١٠٠٠ حيث يحدد المسافة بينها أطوال الحقليات وهى من ١٥٠ ـ ٣٠٠ متر كما أنه قد يحدد المسافة بين الجمعات حدود الحقول والملكيات أو الانحدارات المختلفة لسطح الأرض علاوة على أقل عمق للصرف وأعلى مناسيب لميـــاه المصارف الرئيسية ،

حـ ـ عمل قطاعات طولية للمجمعات يوضح عليها مناسيب أرض الزراعة ومواقع غرف التفتيش ومناسيب حفرها ومواقع ومناسيب مصبات الحقليات ،

د ـ رسومات وقطاعات تفصيلية للأعمال الصناعيــة من غرف تفتيش ومشتركات وأعمدة غسيل ومصبات وسحارات وغيرها ،

هـ ـ تخطيط اتجاهات الجمعات والحقليات ،

و ـ تحديد أقل عمق لازم للصرف والذى يقع باستمرار فى منتصف المسافة بين كل مصرفين ،

ز ـ تحديد مقننات الصرف ،

ح ـ تحديد أقطار الحقليات وانحدارها وأطوالها ،

ط ـ « « الجمعات « « :

ى ـ « المسافة بين الحقليات ،

ك ـ معرفة مدى تذبذب منسوب المياه الأرضية عند خط المصارف فى مدى فصل كامل أو الحصول على الأقل ،

ل ـ دراسة التسرب بالتربة وتقدير معامل الصرف الباطنى ،

م ـ تحديد ميول المصارف وسرعه المياه بها و

ن ـ رسم منحنى المياه الأرضية المتوقع حدوثة نتيجة تنفيذ مصارف .

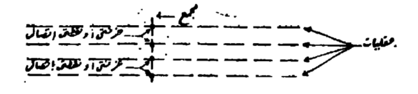
ثالثا ـ انواع تخطيط المصارف المغطاة :

ا ـ اراضى مستوية السطح او قليلة الانحدار حيث عمق مستوى المـــاء الأرضى متماثل :

يكون التخطيط فى مثل هذه الأحوال على هيئة خطوط متوازية مستقيمة بقدر المستطاع تصب متعامدة فى مصارف أكبر منها (مجمعـات) وهذه بدورها تصب فى مصارف الدرجة الأولى (مكشوفة) ومنها إلى المصارف العمومية ويتبع هـذا التخطيط طريقتين كالآتى :

١ — تخطيط متقابل :

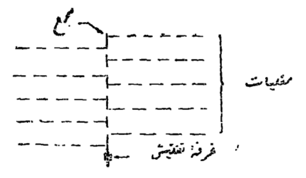
حيث يتقابل كل خطين عند مصبها بالمجمع وتكون الحقليات على هيئة خطوط مستقيمة كما هو واضح بالشكل :



شكل ١١٢ : تخطيط متقابل للمصارف .

٢ — تخطيط متبادل :

وفيه لا تتقابل الحقليات عند المجمع بل يصب كل منها فى المجمع بعيداً عن الحقلى الذى يواجهه كما فى الشكل ، ويمتاز هذا التخطيط بعدم ازدحام الميـاه فى قطاع واحد من المجمع وبالتالى حسن توزيع ودخول وتجمع المياه . وفى هـــذا النوع من التخطيط يمكن الاستغناء عن غرف التفتيش أو نقط الاتصال فى كثير من الأحيان.



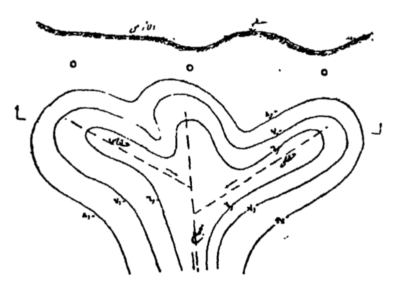
شكل ١١٣ : تخطيط متبادل للمصارف .

ب — اراضى غير مستوية أو منسوب المياه الارضية فيها غير منتظم :

ويتبع فى مثل هذه الحالة أحد الطرق الآتية :

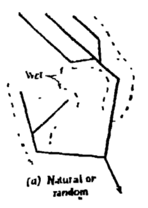
١ ـ الطريقة الطبيعية او العشوائية

: (Natural or Randum System of Drainage)



شكل ١١٤ : الطريقة الطبيعية لتخطيط المصارف.

تتبع هذه الطريقة فى المساحات الصغيرة أو المساحات المنعزلة حيث توضع الحقليات فى المنخفضات الفرعية ومتفرعة فى أى مناطق منعزلة بينما يوضع المجمع فى



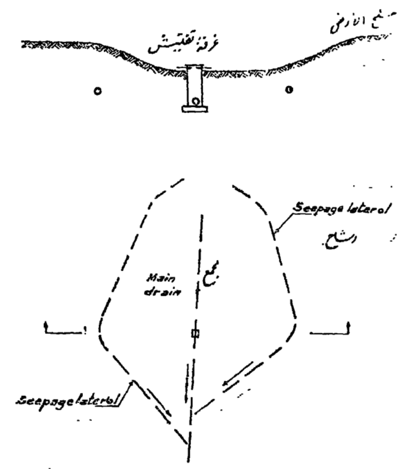
شكل ١١٥ : الطريقة الطبيعية أو العفوائية لتخطيط المصارف.

أوطى أو فى المنخفض الرئيسى بالمساحة ولا يمكن فى مثل هذه الأحوال التقيد بمسافة معينة بين الحقليات كما هو واضح من شكل ١١٤ وشكل ١١٥.

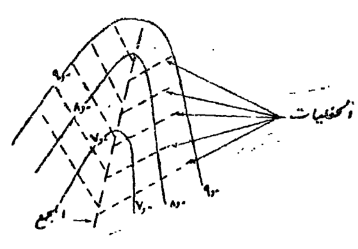
ويكتفى عادة بوضع خط من المصارف فى وسط المساحة المطلوب صرفها إذا قل اتساعها عن ٥٠ متر أما إذا زاد العرض عن ذلك فتوضع مصارف رشاحة (seepage drains or laterals) حول المساحة عند كل جانب بالإضافة إلى المصرف الرئيسى بوسط المساحة كما فى الشكل ١١٦ .

٢ — طريقة هيكل او عظام السمكة (Herringbone system):

كما هو واضح من تسمية الطريقة ومن شكل ١١٧ فإن هذه الوسيلة تستعمل فى المناطق أو المنخفضات التى ينحدر فيها سطح الأرض انحدارا منتظما من الجانبين إلى وسط المنطقة تقريبا حيث يوجـد المنخفض الرئيسى وحيث يوضع المجمع الرئيسى الذى تنحدر إليه من الجانبين جميع الحقليات والتى توضع على مسافات متساوية ضمانا لانتظام صرفها إذا لم تختلف قطاعات التربة فى المساحة، أى فى خطوط متوازية لالتلاق مصباتها وحتى لاتزدحم المياه فى المجمع .

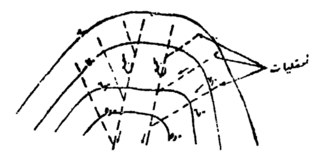


شكل ١١٦ : تخطيط المصارف بالطريقة الطبيعية لمساحة يزيد عرضها عن ٥٠ مترا .



شكل ١١٧ : طريقة هيكل السمكة .

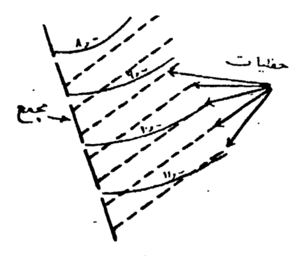
٣ ـ طريقة المجمعين (Double Main System of Drainage):



شكل ١١٨ : طريقة المجمعين لتخطيط المصارف .

هذه الطريقة مشابهة للطريقة السابقة، إلا أن المنخفض الرئيسى وسط المنطقة عريضا ومستويا، مما يستدعى استعمال مجمعين كما فى شكل ١١٨ بدلا من مجمع واحد، قد يضطر معه إلى عمل الحقليات بانحدارات مختلفة وفق انحدار سطح الأرض. وإذا زاد عرض المنخفض جدا فقد يعمل شبكة صرف أخرى مابين المجمعين.

٤ ـ طريقة الشبكة (Gridiron System of Drainage):



شكل ١١٩ : طريقة الشبكة لتخطيط المصارف .

وتستعمل هذه الطريقة فى الأراضى ذات الانحدار المنتظم الضئيل، أو الأراضى المنبسطة حيث يوضع المجمع فى حدود الأرض، وتنفذ المصارف الحقلية متوازية تصب على زوايا حادة أو قائمة فى المجمع الرئيسى كما فى شكل ١١٩ .

والمعتاد هو وضع المصارف فى اتجاه أكبر ميل أى متعامدة مع خطوط الكنتور وتسمى الصرف الطولى (Longitudinal drainage) وذلك إذا قل الانحدار عن ١/٢٠٠ . أما فى حالة زيادة الانحدار عن ذلك فتوضع المصارف فى اتجاه خطوط الكنتور أى فى اتجاه عرضى على أكبر ميل، وتفضل هذه الطريقة لإمكان زيادة المسافة بين المصارف ولقلة سرعة المياه بالمصارف العرضية أثناء سيرها إلى المجمع الرئيسى الموضوع فى اتجاه طولى ، مما يزيد من سرعة المياه به وبالتالى تكون سرعة المياه فى زيادة مطردة من المبدأ حتى المصب .

وقد تسمى المصارف المنشأة على طريقة هيكل أو عظام السمكة وكذلك المصارف المنشأة على طريقة الشبكة مصارف معونة أو مصارف تخفيف (Relief drains) ، حيث تساعد على إزالة الأضرار الناجمة عن مياه الصرف الزائدة .

٥ ـ طريقة المصارف القاطعة :

وفيها يوضع خط المصارف كى يقطع تسرب المياه الوافدة من مجارى مائية تجرى بها المياه بمناسيب مرتفعة أو المياه الوافدة من أراضى مرتفعة المنسوب إلى أخرى منخفضة المنسوب ، وتحفظ هذه المصارف التربة من زيادة محتواها الرطوبى ومن (تطبيلها) .

رابعاً — ملاحظات عامة :

يراعى فى تخطيط المصارف المغطاة المبادىء الآتية :

١ — يوصى بوير (Bouwer, 1955) على أثر دراسة له عن تأثير اتجاه الحقليات — بوضع هذه الحقليات بحيث تعمل زوايا مابين ١٠°، ٣٠° مع خطوط الكنتور مما يسمح بانحدار أو بميل (Grade) مناسب للمصارف أكثر فعالية لقطع سريان المياه التحت سطحية والسطحية ،

٢ — يفضل ألا تزيد أطوال الحقليات عن ١٠٠ متر فى الأراضى ذات الانحدار البسيط كما يجب ألا يتعدى طولها ١٥٠ مترا حتى لا يضطر إلى تعميق المجمعات كثيرا مما يكلف مبالغ باهظة . وفى حالة الاضطرار إلى زيادة الطول عن ١٥٠ متر إلى ٢٠٠ متر يعمل ميلها ١ر٠ ٪ فى المتوسط كما تعمل مجمعات ثانوية لاستقبال مياهها ،

٣ — يجب ألا يزيد طول أى مجمع رئيسى عن ١٠٠٠ متر كما يجب ألا يزيد قطر مواسيره عن ٢٥ سم وذلك حتى لا يضطر إلى استعمال مواسير من الخرسانة المسلحة إذا زاد القطر، مما يؤدى إلى زيادة تكاليف شبكة الصرف ويراعى الاستفادة من الانحدار الطبيعى فى توسيع المسافة بين المجمعات إلى ٣٠٠ أو ٤٠٠ متر لتكون شبكة الصرف مناسبة العمق من سطح الأرض، وبصفة عامة يفضل أن يقصر طول المجمعات الرئيسية وتطول الفرعيات ما أمكن ،

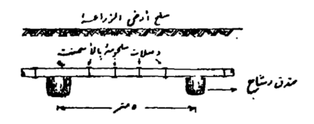
٤ — يحدد معامل الصرف (Drainage factor) بحيث يتم صرف المياه الزائدة بمعدل لا يضر بالنبات ويؤخذ عادة ما بين ١ ، ٣ مم فى اليوم تبعا لنوع الزراعة وتبعا للظواهر الجوية ،

٥ — يجب أن يبعد المجمع الرئيسى عن المبانى وخطوط الأشجار بمسافة

من ١٠ – ٢٠ متر لاسيما أشجار الجزورينا والصفصاف التى تسير جذورها مع الماء .

٦ - يعرف البنجر بأنه من النباتات التى تسد خطوط الصرف والتى قد يصل عمقها إلى ١٫٥ متر ولكن بعد جمع المحصول فإن هذه الجذور تموت، وبالتالى يعود الصرف إلى حالته الطبيعية بعد عمل الصيانة اللازمة .

٧ - يحسن اتباع الخنادق الرشاحة (أنظر شكل ١٢٠) فى المساحات المنزرعة حدائق، لتفادى دخول جذور الأشجار فى وصلات المواسير مسببة انسدادها وعدم دخول المياه إليها . ويمكن استعمال فرشة وسيخ حديدى أو إدخال أى محلول



شكل ١٢٠ : خط مواسير صرف موضح به الخنادق الرشاحة

عالى الحموضة فى خط المصرف للتخلص من أى نباتات تتسبب فى انسداد خط المصرف .

٨ - تحسب التكاليف لأى مشروع مع عمل أكثر من تخطيط إن أمكن وحساب التكاليف لكل تخطيط بحيث يشمل الأعمال الصناعية وجميع الاعتبارات ثم ينفذ ماهو أكثر اقتصادا .

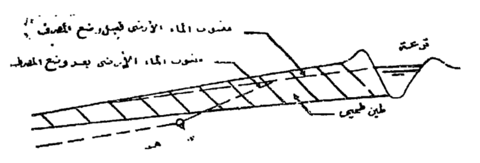
٩ - فى حالة وجود أراضى مرتفعة مجاورة لأراضى منخفضة يجب الفصل بينهما بمصرف قاطع (interceptor drain) مغطى أو مفتوح لحماية الأراضى

الواطئة بتخفيض منسوب المياه الأرضية، سواء كان مصدر المياه من منطقة بعيدة عن المساحة المراد صرفها حيث تسمى فى هذه الحالة مياه غريبة (Foreign water)، أو كان مصدر المياه ترعة مجاورة ،

منسوب الماء الأرضى قبل إنشاء المصرف القاطع

منسوب الماء الأرضى بعد إنشاء المصرف القاطع

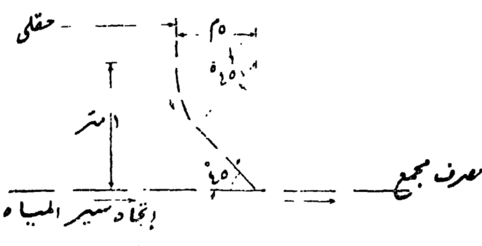
شكل ١٢١ : مصرف قاطع لمياه غريبة (Foreign water) :



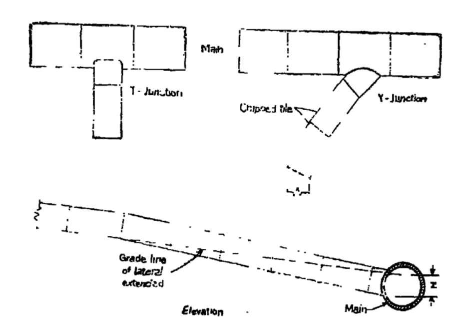
شكل ١٢٢ : مصرف قاطع لمياه رشح من ترعة.

١٠ ـ اتصال الحقليات بالمجمع ينبغى أن يعمل زوايا حادة من ١٥° — ٤٥° لتسهيل مسار خطوط المياه داخل الحقل وإلى المجمع وبعيدا عن اتصالها . وفى حالة زيادة زوايا الاتصال عن ذلك يعمل منحنى اتصال مناسب كما هو مبين بشكلى ١٢٣ ، ١٢٤ . ويوضع عادة صندوق اتصال عند أى تغير فى الاتجاه أو توضع وصلة مناسبة . كما يراعى أن تقطع الحقليات المجمع قنه أو تتقاطع خطوط مراكز الرئيسيات والفرعيات .

ويراعى أن تدخل ماسورة المصرف ذو القطر الأصغر فى وسط ماسورة المصرف



شكل ١٢٣ : منحنى اتصال لصرف حقلى عمودى على مصرف مجمع .



شكل ١٢٤ : اتصال المصارف.

ذو القطر الأكبر أى ليس عند قمتها أوقاعدتها. كما يراعى أيضا زيادة الانحدار قبل اتصالها بمسافة من ٣ - ٦ متر حتى تزيد سرعة المياه و تصبح قادرة على حمل أى رواسب،

١١ - يراعى أن يكون التخطيط مستقيما والتغيرات الضروريه إما منحرف

اتصال أو غرف تفتيش، أما إذا اضطر الأمر لعمل منحنيات فيجب ألا يقل نصف قطر المنحنى عن خمسة أضعاف قطر مواسير الصرف المستعملة فى حالة التنفيذ اليدوى ، أو منحنى لا يقل قطره عن ٥٠٠ متر فى حالة التنفيذ الآلى حتى يسمح لماكينات التنفيذ بالحفر والتوجيه،

١٢ ـ تقسم المنطقة إلى وحدات صرف فى حالة اختلاف نفاذية التربة أو اختلاف التسرب من المجارى المائية المجاورة، ويمكن عمل مجمعات ثانوية كل واحد منها يختص بحقليات نوع معين حسب الصرف وفى هذه الحالة قد تختلف المسافات بين حقليات كل نوع،

١٣ ـ توضع مصبات المصارف بصفة عامة فى أنسب المواقع وأكثرها انخفاضا، وبحيث يكون منسوب الراسم السفل للحقلى عند مصبه فى المجمع أعلى بمقدار ١٠ سم على الأقل من محور المجمع كى يساعد على عدم ارتداد مياه المجمع، أما فى حالة المصارف المفتوحة فيجب أن يعلو الراسم السفلى لماسورة المصب ٢٥ سم على الأقل فوق منسوب الفيضان للصرف المفتوح مع تكسية ميول المصرف المكشوف لمنع النحر ،

١٤ ـ يراعى الإقلال من عدد المصبات بقدر المستطاع حيث تخطط شبكة الصرف لتحوى مجمعات لا يزيد طولها عن ١٠٠٠ متر كما سبق ذكره وذات ميول من ٠٫٠٠٣ إلى ٠٫٠٠٧ ./. ،

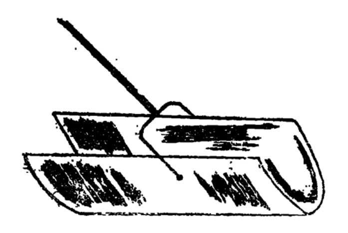
١٥ ـ يراعى الاستفادة بأقصى ما يمكن من انحدارات سطح الأرض الطبيعية،

١٦ ـ يراعى أن تكون اتجاهات مياه الصرف داخل المصارف فى اتجاه مسار المياه فى المجارى المائية المختلفة ،

١٧ - يراعى تفادى التقاطعات مع المجارى المائية العمومية والمساقى الحقلية التى يزيد عمقها عن ٥٠ سم من أرض الزراعة وفى حالة الضرورة يحسن أن تعمل التقاطعات زواياها ٤٥° أو أكثر مع بعضها ، مع تغليف خط الصرف بالخرسانة لمنع أى تدفق مباشر من تلك المساقى ،

١٨ - يراعى تفادى وضع المصارف المغطاة حيث التربة تحتاج للكثير من تكاليف الإنشاء والصيانة ،

١٩ - يبدأ فى إنشاء المصارف المغطاة وقت انخفاض منسوب المياه الأرضية، ويتم التخطيط بدق أوتاد على طول المصرف، وتعمل الميزانية ثم تحدد المناسيب اللازمة للحفر، ويجرى الحفر عادة فى أضيق الحدود ويستعمل جاروف ذو شكل خاص (أنظر شكل ١٢٥) كى يعطى دوران محيط حوائط مواسير الصرف لتقليل ضغط الأتربة على المواسير ،



شكل ١٢٥ : جاروف خاص بعمل الدوران اللازم حيث تستقر مواسير الصرف.

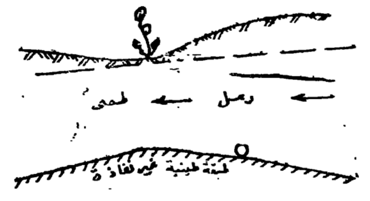
٢٠ - يصمم مشروع الصرف بحيث لا تصل المياه السطحية إلى خط الأنابيب

مباشرة وذلك بعمل فتحات لجمع المياه السطحية ومنعها من الوصول إلى المواسير عن طريق الوصلات أو بعمل مصرف مستقل مفتوح لجمع هذه المياه .

٢١ - لا تستعمل وصلة الذكر والأنثى فى الحقليات ذات الوصلات الغير ملحومة .

٢٢ - توضع المصارف فى طبقات التربة الأكثر نفاذية كلما أمكن ذلك .

٢٣ - فى حالة ارتفاع الطبقة الغير نفاذية إلى قرب سطح الأرض يوضع خط تجاه المرتفع (Uphill side of barrier) فى الطبقة النفاذة كما هو مبين بشكل ١٢٦ .



شكل ١٢٦ : وضع المصرف المغطى عند ارتفاع الطبقة الصماء تجاه سطح الأرض

تحديد عمق مواسير الصرف

يعتمد عمق المصارف على طبوغرافية سطح الأرض وعلى مدى انخفاض منسوب الماء الأرضى الذى يجب أن يحقق التهوية اللازمة ويحقق كمية المياه التى يحتاج إليها النبات لنموه، وبالتالى فإنه يعتمد على المسافة بين المصرفين ونوع التربة،

إذ يزيد معدل حركة المياه الأرضية كلما زاد عمق الصرف فى الأراضى الخفيفة ، والعكس بالعكس فى الأراضى ثقيلة القوام. كذلك يعتمد عمق المصارف على طريقة الرى ومعامل الصرف ، وعلى نوع النبات المزروع وعمق جذوره وكمية المياه اللازمة له . كما يعتمد العمق على الزمن المطلوب التخلص من مياه الصرف أثناءه . ويقول نيل (Neal) أن المحاصيل لا يحدث لها تلف يذكر إذا كان منسوب الماء الأرضى على عمق ١٥ سم من سطح الأرض وخفض بمعدل ٣٠ سم فى اليوم لعمق ١٥ سم التالية وبمعدل ٢٠ سم / يوم لعمق ١٥ سم ثالثة ، وفى ألفاظ أخرى فإن الضرر لا يذكر إذا وصل منسوب الماء الأرضى إلى عمق ٤٥ سم من سطح الأرض فى مدة $1\frac{1}{4}$ يوم أو أقل بعد الرى مباشرة .

١٥سم بعد الرى مباشرة
١٥سم بمعدل ٣٠سم / يوم — ½ يوم
١٥سم بمعدل ٢٠سم / يوم — ¾ يوم
$1\frac{1}{4}$ يوم

شكل ١٢٧ : معدلات خفض مياه الرى أو المطر بالتربة.

كذلك يعتمد عمق المصارف على منسوب فتحة الصرف التى كثيرا ما تتحكم فى منسوب شبكة الصرف إن لم يكن من المستطاع تغييرها أو استعمال آلات رافعة .

وتوضع خطوط الصرف عادة فى أكثر طبقات التربة نفاذية طالما كانت تحت منسوب الماء الأرضى المطلوب الوصول إليه بعد خفضه، وطالما تسمح اقتصاديات المشروع بذلك . أما إذا كانت التربة لا تحتوى على طبقات نفاذة أو كانت الطبقة

النفاذة ليست على عمق ثابت من سطح الأرض، فلابد من الرجوع إلى أنسب الأعماق صلاحية، وإذا اضطر الأمر إلى وضع المصرف فى طبقات قليلة النفاذية فمن المهم تغليف المصرف بطوله بطبقة أو غلاف من الزلط (Gravel envelope)، وواضح أن أعلى منسوب المياه الأرضية هو فى وسط المسافة بين المصارف، كما أنه من المعلوم أنه كلما زاد عمق المياه الأرضية كلما قلت كمية المياه التى يمكن للنبات استعمالها وامتصاصها من التربة (Available water) وعلى هذا الأساس فقد حسب وسلنج ويجك (J.Wesseling & W.R. ijk) أقصى عمق للمصرف كالآتى :

$$\Delta G + J = E - P = W_d \qquad [85]$$

حيث :

(ΔG) : الفرق فى كمية المياه المخزونة فى التربة بين بداية ونهاية الموسم الزراعى للمحصول ،

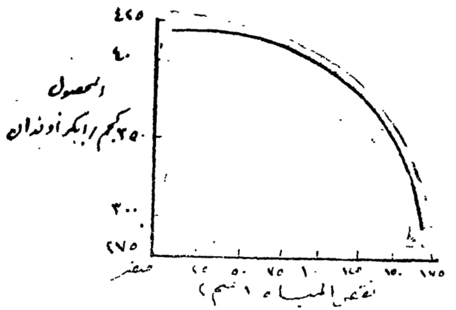
(J) : كمية المياه الداخلة إلى منطقة جذور النبات سواء من الرى أو الخاصة الشعرية أو أى مورد آخر ، ولابد من الإشارة هنا أنه يقصد بعمق منطقة الجذور: العمق الذى فوقه لا يجب الماء الأرضى أن يتذبذب ، ويعتبر عادة مساويا للمسافة بين سطح الأرض وسطح الماء الأرضى عند منتصف المسافة بين المصارف بعد ٤٨ ساعة من الرى مباشرة ؛ ويتوقف هذا العمق على حالة الجو (Climate) والمحاصيل، وفى الأراضى التى تقاسى مشاكل الملوحة والجو رطب نسبيا ومحتوى مياه الرى من الأملاح قليل فإن عمق منطقة الجذور من ٦٠ - ٩٠ سم يكون كافيا، أما الأراضى بالمناطق الجافة تحت الرى وحيث الملوحة من المشاكل الهامة لا يجب أن يقل هذا العمق عن ١٢٠ سم .

(E) : مياه البخر والنتح من محصول جيد ويمد بالماء بصفة مستمرة حسب حاجته ،

(P) : مياه المطر و

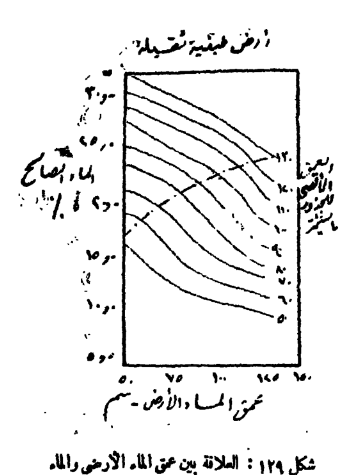
(W_d) : كمية نقص المياه والمسموح به (Water deficit) فى قطاع التربة والتى تعادل كمية المياه الممكن للنبات استعمالها أو الماء الصالح (Available water).

والحصول على الكمية ($\Delta G + J$) فإنــه من شكل ١٢٨ الذى يمكن تحديده عمليا بالحقل لمختلف المحاصيل ويمكن الحصول على (W_d) أى نقص المياه المسموح به والتى تساوى ($E - P$) كما تساوى ($\Delta G + J$) كما هو مبين بالمعادلة ٨٥ وبعد



شكل ١٢٨ : العلاقة بين المحصول ونقص المياه (Water Deficit).

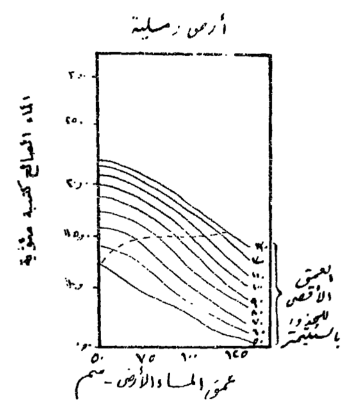
تحديد هذه القيمة فالمفروض أنها تساوى كمية المياه التى يمكن للنبات استعمالها (Availble water) أى الماء الصالح، وهنا يمكن تحديد أقصى عمق للجذور من شكل ١٢٩ ، ١٣٠ وعلى أساسه يحدد عمق المصرف بحيث يعطى أقصى عمق



شكل ١٢٩ : العلاقة بين عمق الماء الأرضى والماء الصالح لأرض طينية ثقيلة .

الجذور وسط المسافة بين كل مصرفين متتاليين . ولا يجب أن يقل عمق الحقليات من ٩٠ سم فى المبدأ وعن ١,١٥ متر فى النهاية إذا بلغت أطوالها ٢٠٠ متر . وقد اقترح نيل (Neal) المعادلة الآتية لإيجاد العمق من تجاربه بولاية منسوتا الأمريكية وتحليلاته الإحصائية :

$$D = \frac{17.5}{(M_e)^{0.5}} \qquad [86]$$



شكل ١٢٠ : العلاقة بين عمق الماء الأرضى والماء الصالح لأرض رملية ويبين المنحنيان المنقطان لقاء عمق الجذور مع منسوب الماء الأرضى .

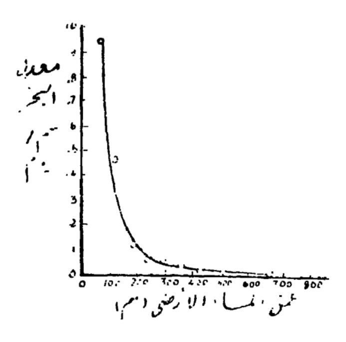
حيث :

D : عمق قاع المصرف المغطى بالقدم عمق سطح الأرض و

M_e : المكافئ الرطوبى للتربة .

تأثير البخر على عمق المصارف :

أثبت جاردنر وفايرمان (Gardner and Firman, 1958) أن معدل البخر من الماء الأرضى يقل كلما زاد بعد سطح الماء الأرضى عن سطح الأرض، وأن هذا المعدل يرتفع جدا إذا بلغ عمق الماء الأرضى ما بين ١٠٠ - ٢٠٠ سم



شكل ١٣١ : العلاقة بين البخر وعمق الماء الأرضى .

كما هو واضح من شكل ١٣١ ، لذلك فمن الخطير جدا فى حالة وجود أملاح بالماء الأرضى أن يقل عمق المـاء الأرضى عن متر واحد، إذ يؤدى ذلك إلى ترسيب الأملاح على سطح الأرض وزيادتها فى المنطقـــة المحصورة بين سطح الأرض ومنسوب المـاء الأرضى وهى منطقة جذور النبات، مما يزيد من تركيز الأملاح بهذه المنطقة لدرجة تؤذى النبات وتؤدى إلى قلة المحصول، بل قد تؤدى إلى موت النبات فى كثير من الأحيان، ولذلك يفضل فى الأراضى الملحية أن يزيد عمق منسوب سطح الماء الأرضى عن متر من سطح الأرض .

كذلك استنتج جاردنر وفايرمان أنه إذا زاد عمق المياه الأرضية عن ٢٠٠ سم فإن معدل البخر يقل جدا، وبالتالى فإن حركة الأملاح إلى السطح تكاد تكون معدومة التأثير . ولذلك فإنه ينصح فى المناطق الجافة التى تعتمد على الرى الصناعى، كما هو الحال فى مصر بأن يخفض مستوى الماء الأرضى إذا احتوى على كمية كبيرة من

الأملاح إلى عمق لا يسمح بحركة الماء إلى أعلا أى إلى سطح الأرض بالخاصية الشعرية بدرجة قد تودى إلى تراكم الأملاح نتيجة تبخر المياه المحتوية على الأملاح مما يسبب تزهر الأرض وملوحتها ، والعمق المقترح هو من ١٨٠ سم إلى ٢٠٠ سم من سطح الأرض .

وقد حصل د: ف عامر ، د: م . الجبلى عام ١٩٦٢ على علاقة بين عمق سطح المـــاء الأرضى اللازم لأراضى جنوب دلتا النيل وبين تركيز الأملاح بالطبقة السطحية (من صفر إلى ١٥ سم) كالآتى :

$$\frac{1}{C} = 0 \cdot 156 - \frac{7 \cdot 643}{W} \qquad [87]$$

حيث :

C : تركيز الأملاح بمحلول التربة المشبع بالماء لطبقة سطحية سمكها ١٥ سم و

W : عمق سطح الماء الأرضى .

كما بينا إحصائيا أنه لابد أن يبعد سطح الماء الأرضى مسافة ٩٠ر٢٣ سم عن سطح الأرض حتى يقل تركيز الأملاح بمحلول التربة المشبع عن ٢ ملليموز/سم .

وتدل التجارب بالأراضى المصرية التى أجرتها وزارة الرى على أن متوسط العمق المناسب لمواسير الصرف هو كالآتى :

١,٢٠ متر فى الأراضى الرملية

١,٣٠ متر فى الأراضى الطمية

١,٥٠ متر فى الأراضى الطينية

وإن كان الأفضل أن يزيد العمق عن ذلك كثيرا (من ١,٨٠ - ٢,٤٠ متر) فكلما زاد العمق وحدة واحدة أمكن زيادة المسافة بين المصارف ٢٤ وحدة مما يوفر كثيرا من التكاليف .

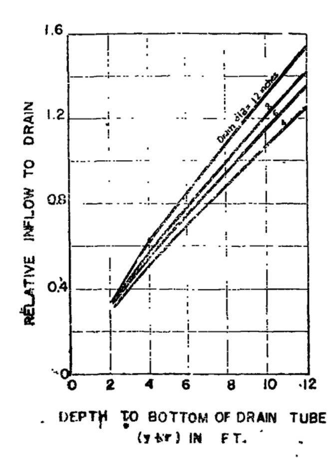
وتتبع الأعماق الآتية فى كاليفورنيا :

لايقل عمق الماء الأرضى عن ١,٥٠ متر للأراضى متوسطة القوام،وحوالى ١,٨٠ متر للأراضى ناعمة القوام ، مما يعنى أنه من أجل التحكم فى الأملاح لابد من وضع المصارف على عمق أكبر من ١,٨٠ متر .

والملاحظ أنه إذا وضع مصرف مغطى فوق منسوب الماء الأرضى فإنه لن يجمع أية مياه حتى يرتفع الماء الأرضى إلى منسوب المصرف ثم يظل منسوب الماء الأرضى مرتفعا بصفة دائمة عن منسوب خط الصرف ما عدا فى المنطقة المجاورة للمصرف ذاته .

وتكفل الدولة فى ج. ع. م. عمق صرف حقلى مقداره ١,٢٥ متر لجميع الأراضى الزراعية بعد أن قررت وزارة الرى خفض منسوب الصرف بالمصارف العامة إلى ٢,٥ متر .

وقد أعطى كركهام تأثير تعميق المصارف وأقطارها كما هو موضح بشكل ١٣٢ :



شكل ١٢٢ : تأثير تعميق المصارف وأقطارها على التصرف.

تحديد المسافات بين الحقليات أو المصارف

اولا : مقدمة :

من أهم العوامل التى تؤثر على حركة المياه أو تدفقها إلى مواسير الصرف وبالتالى تؤثر على المسافة بين المصارف الآتى :

١ - نفاذية التربة ومكوناتها ومساميتها ونوعية سطحها وقوة الامتصاص به علاوة على الخواص الكيماوية لها ومحتوياتها من الأملاح وسعتها النوعية (Specific yield) ،

٢ ـ العمق حتى الطبقات ضعيفة النفاذية أو الصماء وميولها وحركة المياه الارضية وانحدار الأرض المطلوب صرفها واتجاهاتها ،

٣ ـ نوع المياه المستعملة للرى وصفاتها من لزوجة وخلافه وطريقة استخدامها وطول فترة الرى وعدد الريات ،

٤ ـ الخواص الهيدرولوجية للمنطقة وشدة الأمطار وفترات هطولها وتوزيعها،

٥ ـ العوامل المسيطرة على إنتاجية الأرض كطرق التسميد والزراعة وأنواع المحاصيل وغيرها و

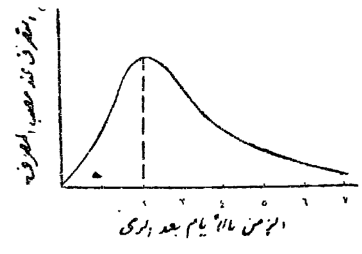
٦ ـ عمق المصارف المغطاة وأقطارها وانحداراتها وتنظيمها وطريقة رصها أومواد الردم التى تستعمل بعد رص الحقليات

لذلك فإن المسافة بين الحقليات والمصارف وعمقها تعتمد على الاحتياجات المصرفية للمحاصيل الزراعية (Drainage Requirements)، التى تتأثر بعاملين أولها مدى سرعة التخلص من المياه بمنطقة جذور النبات، وعمق الجـــذور حتى لاتطول فترة تشبع التربة بهذه المياه حول الجذور حيث بكتريا التربة تحتاج إلى الهواء لتأدية وظيفتها وحتى لا تفقد التربة حرارتها المناسبة لنمو النبات والعامل الثانى هو الاحتياجات الغسيلية .

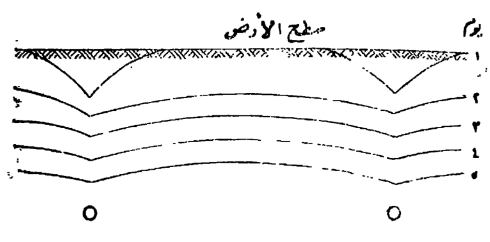
وقد ذكر حديثا فى أخذ عامل البخر كأحد العوامل التى تؤثر تأثيرا غير مباشر على تحديد المسافة بين المصارف عن طريق خفض منسوب المياه الأرضية خصوصا فى البلاد الحارة والواقع أنه متى حدد عمق مواسير الصرف تصبح المسافة بين الحقليات متوقفة على المنسوب المسموح به للمياه الأرضية . وبصفة عامة فإنه إذا زاد العمق ٢٠ فإنه يقابلها زيادة فى البعد بين المصرفين تصل فى بعض الأحوال إلى ٦٠

وسارت الدراسات فى اتجاهات ثلاثة : حقلية وعملية ورياضية حيث تطبق بعض النظريات مثل نظرية ديبوى - فورشيمر وقانون دارسى ومن العلماء الذين ساروا فى الاتجـــاه الأخير بوسينسك (Bossinesq) عام ١٩٠٢ وفيريس (Ferls) عام ١٩٥٠ وجلوفر وشيلفجارد ودم . واعتمد بعض العلـــماء على تطبيق نظريات التدفق نصف القطرى غير المنتظم مثل سبوتل (Spottle) عام ١٩١١ وولكر (Walker) عام ١٩٥٢ . واعتمد آخرون على نظريات وفروض طبيعية مثل كركهام أو على نظرية الجهد (Potential theory) مثل داجان (Dagan) عام ١٩٦٤ أو على نظريات التدفق المنتظم مثل كوستيا كوف عام ١٩٥١ (Kosyakov) ولوثن وحاد وغيرهم .

واعتمادا على أن انسياب مياه الصرف أو مياه الغسيل أو كلاهما معا - إلى المصارف - غير ثابت مع الزمن كما هو واضح من شكل ١٣٣ وشكل ١٣٤ فقد حاول كثير من المهتمين بدراسة تحديد المسافة بين الحقليات واستنبط الكثير منهم



شكل ١٣٣ : العلاقة بين التصرف عند مصب المصرف والزمن بعد الرى.



شكل ١٣٤ : منظر عام لخطوط انسياب مياه الصرف بعد الرى .

معادلات أو علاقات أو منحنيات بنوها على أساس تجارب قاموا بعملها فى المعمل أو فى الحقل ومن هؤلاء :

إتشيفرى (Etchevery) ، كبكى (Kepecky) ، جرهرد (Gerherdt) وكورنلا (Kornella) ، روث (Rothe) ، ديزرنس (Diserans) ، وكوزنى (Kozeny)، فوزر (Fauser) (ألمانى) وجانوتا (Ganota) (تشيكوسلوفاكى) وشليك (Schlick) (بأيوا) ونيل (Neal) الذى نورد قانونه لبساطته :

١ ـ قانون نيل (Neal) عام ١٩٣٤ :

$$S = \frac{12000}{(M_e)^{1.6}\ (R_d)^{1.43}} \qquad [88]$$

حيث :

S : المسافة بين المصارف بالقدم ،

M_e : متوسط المكافئ الرطوبى كنسبة فى المائة و

R_d : معدل هبوط مستوى الماء الأرضى عند منتصف المسافة بين المصرفين بالقدم / يوم .

وقد اعتمد نيل فى استنباط قانونه على التحليلات الإحصائية التى أجراها لتجاربه الحقلية بولاية منسوتا (Minnesota) الأمريكية ولم يدخل فى معادلته معامل التوصيل الهيدروليكى مكتفيا بالمكافىء الرطوبى .

واستنبط نيل علاقة أخرى تربط عمق الصرف والبعد بين الحقليات مع حد اللدونة (Plasticity limit)وما تحتويه التربة من طمى .

وهناك بعض القوانين تعتمد فى استنتاجها على قانون دارسى وعلى فروض ديبوى وفورشيمر مثل قانون دونان السابق شرحه فى باب المصارف المكشوفة، والذى يمكن تطبيقه لإيجاد المسافة بين المصارف المغطاة . وقـــد اتبع كولدنج (Colding) نفس الأسلوب المتبع لاستنباط معادلة دونان إلا أنه افترض أن عمق الطبقة الصماء يساوى صفرا تحت المصارف المغطاة، وعلى ذلك وجد من تجاربه العديدة أن البعد بين الحقليات تمثله المعادلة :

$$S = 1.8 \, H \left(\frac{K}{R}\right)^{1/2} \qquad [89]$$

حيث :

R : ارتفاع مياه الرى أو المطر ،

K : معامل التوصيل الهيدروليكى ،

H : بعد مستوى سطح المياه الأرضية فوق سطح الطبقة الصماء عند منتصف المسافة بين مصرفين و

S : المسافة بين مصرفين متتاليين

ومثل قوانين إزرائلسن (Israelsen) وكوزنى (Kozeny) والانى (Elaney) وبوين (Bowen) وسلاتر(Slater) وهوخوت (Hooghoudt) وغيرهم ؛

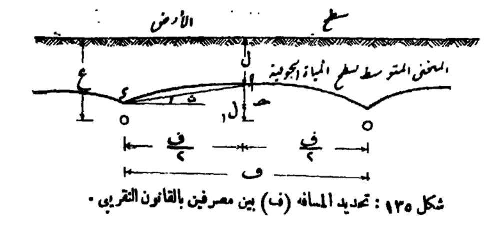
كما أن هناك قوانين اشتقاقية بسيطة بنيت على أساس مبادىء الهندسة المستوية والفراغية مثل قانونى إتشفرى (Etchevery) وسانت فرمونت (Saint Vermont) ومثل القانون التقريبى الآتى :

ب ـ القانون التقريبى :

وقد استعمل كثيرا فى ج.ع.م وهو كالآتى :

$$\text{ظا ث} = \frac{\text{ا حـ}}{\text{حـ ء}} = \frac{\text{ع} - \text{ل} - \text{ل}_1}{\frac{\text{ف}}{2}} \quad ...[90]$$

$$\text{ومنها :} \quad \text{ف} = \frac{2\,(\text{ع} - \text{ل} - \text{ل}_1)}{\text{ظا ث}}$$



شكل ١٢٥ : تحديد المسافه (ف) بين مصرفين بالقانون التقريبى .

حيث :

ث : الزاوية المتوسطه لسطح المياه الأرضية ،

ع : عمق المصارف تحت سطح الأرض ،

ل : أقل عمق لازم للصرف عند منتصف المسافة بين المصرفين و

ل١ : متوسط ارتفاع منسوب المياه الأرضية فوق المصرف مباشرة وتؤخذ (ع) كالآتى :

١,٧٥ - ١,٦٠ متر فى حالة التربة الطينية الثقيلة ،

١,٦٠ - ١,٤٠ متر فى حالة التربة الطينية المتوسطة و

١,٤٠ - ١,٢٥ فى حالة التربة الطينية الخفيفة .

وهناك قوانين أكثر دقة اشتقت على أساس قوانين الهيدروديناميكا، وتعتمد أساسا على معادلة لابلاس (Laplace) مثل قوانين دم (Dumm) وحماد (Hammad) وكركهام (Kirkham) وموسكات (Muskat) وغيرهم ، ونستعرض الآن بعض الدراسات والقوانين التى يمكن استعمالها فى الوطن العربى :

ثانيا بعض الدراسات الخاصة بالمسافات بين المصارف :

١ - دراسة شيلفجارد ومساعدوه :

قام فان شيلفجارد (Van Schilfgaarde) ومساعدوه عام ١٩٥٦ بعمل بعض المقارنات لكثير من بيانات الحقل، وبين بعض المعادلات والقوانين الخاصة بتحديد المسافة بين المصارف فوجدوا الآتى :

١ - فى حالة اعتماد الصرف على الفرض القائل بهبوط مستوى الماء الأرضى مع الزمن وجدوا أن معادلة جلوفر (Glover) أفضل المعادلات استعمالا وهى :

$$S = \pi \left\{ \frac{K\,D\,t}{2\,f\,\ln \frac{4y_0}{\pi y_{s/2}}} \right\}^{1/2} \qquad \cdots [91]$$

والتى حاول (Tapp) ومودى (Moody) وكذا شيلفجارد عام ١٩٦٥ استبدال الرقم ٤ بمقام الطرف الأيمن بالرقم ٣,٧ كى تعطى نتائج مرضية أقرب للواقع .

كذلك حاول كمبر (Kemper) إضافة حد جديد للمعادلة ٩١ كى تصبح :

$$\frac{K}{f} = 1.3\, e^{2.3\frac{d}{s}} \cdot \frac{S^2}{\pi^2 D} \ln \left(\frac{4y_0}{\pi\, y_{s/2}} \right) \qquad [92]$$

حيث :

S : المسافة بين المصارف ،

K : معامل التوصيل الهيدروليكى ،

$D = d + \frac{y_0}{2}$ أى مجموع المسافة بين الطبقة الصماء ومحاور المصارف ونصف ارتفاع الماء الأرضى عند بداية الزمن عن محاور المصارف ،

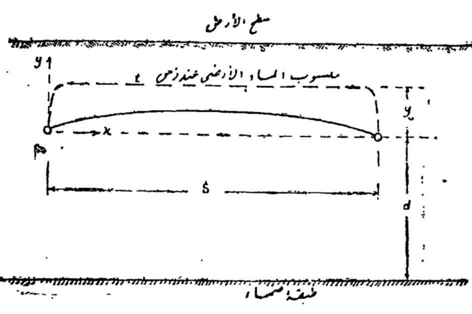
f : المسامية الفعلية (Drainable Porosity) وتساوى :

$$f = \frac{V - v}{V} \qquad [92]$$

V : الحجم الظاهرى لكتلة معينة من التربة ،

v : حجم المواد الصلبة بنفس الكتلة من التربة و

t : الزمن المطلوب لخفض مستوى الماء الأرضى .



شكل ١٣٦ : تحديد المسافة بين مصرفين حسب معادلة جلوفر .

ويراعى فى استعمال المعادلة ٩١ أن تكون (d) كبيرة جداً بالنسبة إلى (y_0) وإلا تطبق معادلة جلوفر الآتية :

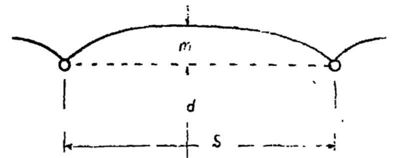
$$S = \left\{ \frac{9K\ y_0\ t}{2f\ \dfrac{y_0}{\left(y_{s/2} - 1 \right)}} \right\}^{1/2} \qquad [94]$$

٢ ـ فى حالة اعتماد المعادلات على قوانين حركة الميـــاه الثابتة مع الزمن (Steady state) وجد فان شيلفجارد ومساعدوه أن الطرق التى اقترحها هوخ أوت (Hooghovdt, 1940) وفان ديمر (Van Deemer, 1949) تعطى حلولا مقبولة بالنسبة للحقل :

٣ ـ معادلات شيلفجارد عام ١٩٦٣ :

استنبط شيلفجارد معادلته التى فضل استعمالها عن معادلات جلوفر وهى :

$$S = \left\{ \frac{t\ K\ (y_0 + d)}{2 f \ln \left(\frac{4 m_0}{\pi m} \right)} \right\}^{/} \qquad [95]$$



شكل ١٣٧ : تحديد المسافة بين مصرفين حسب معادلة فان شيلفجارد .

حيث :

s : المسافة بين المصارف ،

t : الزمن المطلوب لهبوط مستوى الماء الأرضى ،

k : معامل التوصيل الهيدروليكى ،

d : عمق الطبقة الصماء تحت محورى المصرفين ،

f : الفراغات المسامية التى يمكن صرفها (Drainable pore space)
وتساوى ١ر٠ ،

$m = m_0$ عند زمن (t) يساوى صفر و

$d + m_0 = y_0$

٤ - معادلة شيلفجارد عام ١٩٦٠ (بمؤتمر جمعية المهندسين المدنيين الأمريكيين بمدينة موبيل بولاية ألاباما ما بين ٨ - ١٢ مارس)

$$t = \frac{f\,S^2}{g\,K\,d} \quad {}^{e}\log \left\{ \frac{m_0\,(2d + m)}{m\,(2d + m_0)} \right\} \qquad [96]$$

حيث الحروف تدل على نفس الدلالات بمعادلته السابقة .

(ب) معادلة هوخ اوت :

إذا كان قطاع التربة مكون من طبقتين مختلفتي الترميل الهيدروليكي، بمعنى أن معاملي التوصيل الهيدروليكي لهما هما (K_1) ، (K_2) أو (K) إن لم يكونا مختلفين - فإن المسافة بين المصرفين هي :

$$S = \left\{ \frac{8\,d_e\,K_2\,H_0}{q} + \frac{4\,K_1\,H_0^2}{q} \right\}^{1/2} \qquad [67]$$

شكل ١٣٨ : إيجاد المسافة بين مصرفين بمعادلات هوخ أوت.

حيث

S : المسافة بين خطوط المصارف بالمتر ،

r_0 : نصف قطر مواسير الحقليات ،

K_1 : معامل التوصيل الهيدروليكي للطبقة أعلى مواسير الصرف بالمتر / يوم ،

K_2 : معامل التوصيل الهيدروليكي للطبقة أسفل مواسير الصرف بالمتر / يوم ،

H_0 : بعد مستوى سطح المياه الأرضية عند منتصف المسافة بين خطوط المصارف المغطاة ومحور المصارف والذى يمثل أقصى ضاغط على المواسير ،

q : تصرف المتر المسطح من الزمام المنتفع بالصرف م٣/م٢/يوم ،

d : البعد بين سطح الطبقة الصماء وبين محاور مواسير الصرف و

d_e : العمق المكافئ وهو عبارة عن عمق طبقة منفذة تحدها من أسفل طبقة تخيلية صماء بحيث يمر فى الطبقة النفاذة فوقها نفس التصرف بتدفق أفقى تحت نفس الضاغط الهيدروليكي .

وقد قام مودى عام ١٩٦٦ (Moody) بتبسيط حساب العمق المكافئ كالآتى :

$$\frac{d_e}{d} = \left[1 + \frac{d}{S}\left\{\frac{8}{\pi}\ \ln\left(\frac{d}{r_0}\right) - 3.4\right\}\right]^{-1} \qquad [98]$$

ووجد مودى أن هذه المعادلة صالحة فى الحدود :

$$0 \leqslant \frac{d}{S} \leqslant 0.3$$

أما إذا كانت : $\frac{d}{L} > 0.3$

فإن مودى ينصح باستعمال معادلة ماسلاند لعام ١٩٥٦ (Massland) المقربة :

$$\frac{d_e}{S} = \left\{ \frac{8}{\pi} \ln \left(\frac{S}{r_0} \right) - 1.15 \right\}^{-1}$$

وتعتبر معادلة هوخ أوت من أحسن الحلول التىقدمت رغم إدخال التقريب فى كثير من خطواتها إذ أن المسافات الفعلية التى حسبت بها تطابق النتائج التى تعطيها بدرجة عالية .

مثال :

إذا كان عمق الحقليات عن سطح الأرض :	D = ١٫٨٠ متر
وبعد الطبقة الصماء عن سطح الأرض :	$D + d$ = ٦٫٨٠ متر
وقطر مواسير الصرف :	$2r_0$ = ٠٫٢٠ متر
التصرف المطلوب صرفه :	q = ١٫ــ مم/يوم
أقصى ضاغط على المواسير :	H_0 = ٠٫٣٠ متر تحت سطح الأرض
معامل التوصيل الهيدروليكى :	$K_1 = K_2$ = ٠٫٨٠ متر/يوم

والمطلوب تحديد المسافة بين الحقليات (S).

نفرض أن : $S = 80$ m.

$$\frac{d}{S} = \frac{5}{80} = 0\cdot0625 < 0\cdot3$$

$$\frac{d_e}{S} = \left[1 + \frac{d}{S}\left\{\frac{8}{\pi}\ \ln\left(\frac{d}{r_0}\right) - 3\cdot4\right\}\right]^{-1}$$

$$= \left[1 + 0\cdot0625\left\{\frac{8}{\pi}\ \ln\left(\frac{5}{0\cdot10}\right) - 3\cdot4\right\}\right]$$

$$= (1\cdot4)^{-1}$$

$$\therefore\ d_e = 5 \times \frac{1}{1\cdot4} = 3\cdot55$$

$$S^2 = \frac{8\,d_e\,K\,H_0 + 4\,K\,H_0^2}{q}$$

$$= \frac{8\times3\cdot55\times0\cdot8\times0\cdot3 + 4\times0\cdot8\times0\cdot3^2}{0\cdot001}$$

$$S = 85\ m\cdot$$

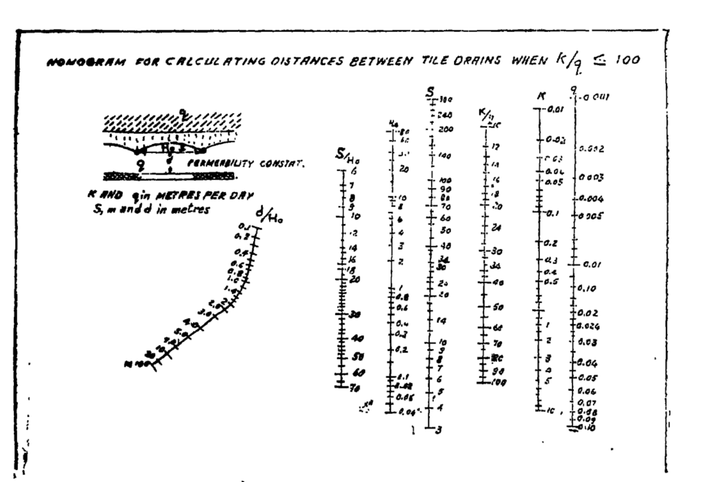
ويرى فسر (Visser, 1954) أن معادلة هوخ أوت لها شقين يمثل فيها الاول :

$$S^2 = \frac{8\,K\,d_e\,H_0}{q}$$

الحالة عندما تكون الطبقة الصماء على بعد لانهائى ويمثل الشق الثانى :

$$S^2 = \frac{4\,K\,H_0^2}{q}$$

الحالة عندما تكون الطبقة الصماء على منسوب مواسير الصرف ، أما إذا



شكل ١٣٩ : نوموجرام لحساب المسافة بين المصارف عندما تكون : $\frac{K}{q} \leqslant 100$

وفمت الطبقة الصماء بين الحالتين فإن معادلة هوخ أوت تستعمل بكامل شقيها .

جـ - نوموجرامي أرنست وبومانز (Ernest & Boumans) :

قام أرنست وبومانز بعمل نوموجرامين للوصول إلى حل مباشر وهما المبينان بشكل ١٣٩ وشكل ١٤٠ .

حل المثال السابق بتطبيق منحنيات أرنست وبومان :

$$\frac{K}{q} = \frac{8}{0.001} = 800 > 100$$

ومن المنحنى بشكل ١٤٠ :

$$\frac{d}{H_0} = \frac{5}{0.3} = 16.7$$

$$S = 75 \text{ m.}$$

د - معادلة أرنست :

$$H_0 = \frac{Q\ d_1}{K_1} + \frac{Q\ S^2}{8\,(K_1 d_1 + K_2 d_2)} + Q\,S\,W_r$$

$$= h_v + h_h + h_r \cdots [99]$$

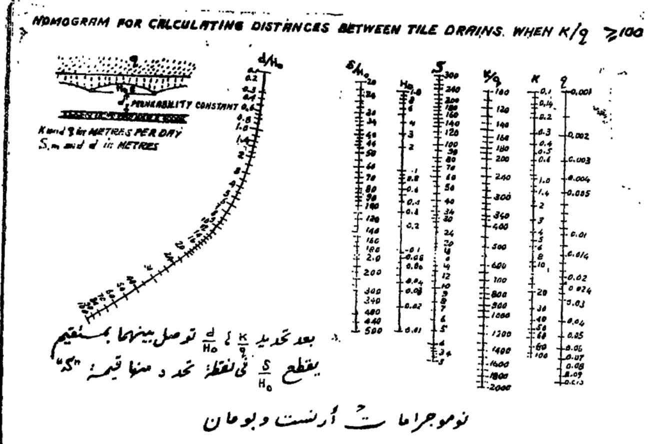
أي أن الضاغط الهيدروليكي عند منتصف المسافة بين خطوط المصارف :

(H_0) يساوي مجموع الثلاثة مركبات : الرأسية (h_v) والأفقية : (h_h)

والنصف قطرية (h_r) وحيث :

Q : تصرف المصرف المطلوب التخلص منه (متر/يوم) ،

d_1 : متوسط سمك طبقة التربة (بالمتر) أعلى الحقليات المخترقة للمياه ذات معامل التوصيل الهيدروليكي (K_1) ،



شكل ١٤٠ : نوموجرام لحساب المسافة بين المصارف عندما تكون : $\frac{K}{q} \geqslant 100$

d_2 : متوسط سمك طبقة التربة (بالمتر) أسفل الحقليات المختزنة المياه وذات معامل التوصيل الهيدروليكى (K_2) ،

W_r : دالة ستَرد طريقة حسابها .

ويمكن إهمال الحد الأول (h_v) من الطرف الأيمن للمعادلة ٩٩ إذا كانت التربة مكونة من طبقة واحدة متجانسة ذات نفاذية واحدة . أما الحد الثانى فيشبه جزءا من معادلة هوخ أوت .

ولحساب الدالة (W_r) أخذ أرنست فى اعتباره الحالات الآتية :

١ • المصرف يقع فى الطبقة العليا والنسبة $20 \geqslant \frac{K_2}{K_1}$:

$$W_r = \frac{1}{\pi k_1} \ln \left(\frac{4 d_1}{U}\right) \qquad [100]$$

حيث :

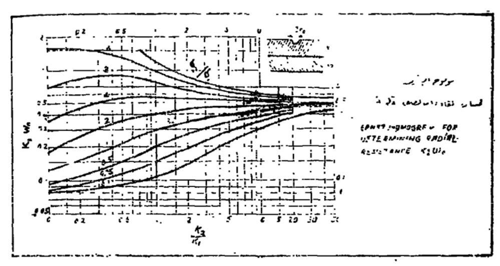
U : المحيط المغمور للمصرف المغطى (أو المكشوف) والذى يؤخذ عادة مساويا لعرض الخندق الذى حفر للمواسير مضافا إليه ضعف قطر المواسير ،

d_1 : متوسط سمك الطبقة العليا المختزنة للمياه وتساوى بعد سطح الماسورة عن الحد الفاصل بين الطبقتين أو بعد سطح المياه بالمصرف المكشوف + ½ بعد مستوى المياه الأرضية عند منتصف المسافة بين الحقليات عن سطح المياه $\left(\frac{H_0}{2}\right)$

٢ • المصرف يقع فى الطبقة العليا والنسبة $20 < \frac{K_2}{K_1}$:

$$W_r = W_0 K_1 + \frac{1}{\pi} \ln \frac{d_1}{4 r_0} \qquad [101]$$

حيث يمكن حساب (K_0W_1) من شكل ١٤١ وحيث (d_1) يمكن حسابها كما ذكر بعاليه .



شكل ١٤١ : حساب (W_0K_1) لتطبيق معادلة أرنست .

٣ ـ الصرف يقع على الحد الفاصل بين الطبقتين :

$$W_r = \frac{1}{\pi K_2} \ln \left(\frac{4d_2}{\pi m}\right) \qquad [102]$$

حيث :

d_2 : نصف البعد بين مستوى المياه الأرضية عند منتصف المسافة بين الحقليات والحد الفاصل بين نوعى التربة و

m : عرض الخندق الذى حفر من أجل وضع مواسير الصرف داخله .

٤ ـ الصرف يقع فى الطبقة السفلى :

$$W_r = \frac{1}{\pi K_2} \ln \left(\frac{d_2}{U}\right) \qquad [103]$$

حيث تحسب (d_2) كما هو مذكور بعاليه .

٥ - فى حالة التربة المتجانسة : تؤخذ (d_1) مساوية لنصف البعد بين مستوى المياه الأرضية عند منتصف المسافة بين الحقليات ومحور الحقليات كما تؤخذ $d = d_2$ وتطبق المعادلة فى الحالة ٤ .

حل المثال السابق بتطبيق معادلة أرنست إذا كان عرض الخندق الذى حفر لوضع مواسير الصرف داخله (m) يساوى ٠٫٣ متر :

$$H_0 = \frac{Q\,d_1}{K_1} + \frac{Q\,S^2}{(8\,K_1\,d_1 + K_2\,d_2)} + Q\,S\,W_r$$

$$d_1 = (1/2)\,(0{\cdot}3 - r_0) = (1/2)\,(0{\cdot}3 - 0{\cdot}1) = 0{\cdot}1$$

$$\frac{Q\,d_1}{K_1} = \frac{0{\cdot}001 \times 0{\cdot}1}{0{\cdot}8} = 0{\cdot}000125$$

والذى يمكن إهماله لصغره كما سبق ذكره فى حالة تجانس طبقة التربة .

$$U = 0{\cdot}3 + 2 \times 0{\cdot}2 = 0{\cdot}70$$

$$W_r = \frac{1}{\pi \times 0{\cdot}8} \cdot \ln\left(\frac{5}{0{\cdot}7}\right) = 0{\cdot}78$$

$$H_0 = \frac{Q\,S^2}{8K\,d} + Q\,S\,W_r$$

$$0\ 3 = \frac{0{\cdot}001 \times S^2}{8 \times 0{\cdot}8 \times 5} + 0{\cdot}001\,S \times 0{\cdot}78$$

ومنها $S =$ ٨٦٫٥ متر .

ويمكن استعمال معـــادلة أرنست ومواسير الصرف على أى منسوب بالنسبة لطبقتى التربة، بينما يمكن استعمال معادلة هوخ أوت فقط عندما تكون مواسير الصرف عند الحد الفاصل بين الطبقتين ، علاوة على أن معـــادلة أرنست أفضل

لاعتبار وجود تدفق رأسى فى الطبقة العليا للـــتربة خصوصا عندما تكون $K_2 > K_1$ ، بينما افترض هوخ أوت عدم وجود أى تدفق رأسى.

هـ ـ معادلة كركهام (Kirkham) :

١ ـ التربة المتجانسة :

$$Q = \frac{2\pi K e g d}{\mu \ln\left(\cot\frac{\pi r}{4h}\tan\frac{\pi d}{2h}\right)} \qquad [104]$$

حيث :

K : معامل التوصيل الهيدروليكى ،

e : كثافة المياه الأرضية ،

g : عجلة الجاذبية الأرضية ،

d : عمق المصرف المغطى،

r : نصف قطر المصرف المغطى ،

h : عمق الطبقة الصماء تحت سطح الأرض ،

μ : معامل لزوجة الماء الأرضى و

Q : تصرف المصرف للمتر الطولى منه تحت ظروف الرى أو المطر المستمرة.

٢ ـ كما استنبط كركهام الدالة الآتية لتربة ذات طبقتين مختلفتين أو تربة متجانسة :

$$F(x) = \frac{1}{\pi}\left\{\ln\left(\frac{\sin\frac{\pi x}{S}}{\frac{\pi r}{S}}\right) + \sum_{m=1}^{\infty}\frac{1}{m}\left(\cos\frac{2m\pi r}{S}\right.\right.$$

$$\left.\left. - \cos\frac{2m\pi r}{S}\right)\left(\coth\frac{2\pi m d}{S} - 1\right)\right\} \qquad \cdots [105]$$

بعد أن افترض أن التربة التى تعلو الحقليات تسير فيها المياه رأسية بلا أى فقد بسبب الاحتكاك ، وأن تدفق المياه منتظم من مياه الرى أو المطر ويقابله تدفق منتظم آخر مماثل يخرج من مواسير الصرف مما يجعل مستوى المياه الأرضية متزنا :

ومن الدالة ١٠٥ استنتج كركهام المعادلة :

$$H_0 = \frac{Q\,S}{K_2} \, \frac{1}{\left(1 - \frac{Q}{K_1}\right)} \cdot F\left(\frac{d}{2r} \, , \, \frac{S}{d}\right) \qquad [106]$$

أو

$$\frac{H_0}{d}\left(\frac{K}{Q} - 1\right) = \frac{S}{d} \cdot F(x) \qquad [107]$$

لتربة مكونة من طبقتين معامل توصيلهما الهيدروليكى (K_1) ، (K_2) على التوالى، حيث مواسير الصرف فى الحد الفاصل بينهما .وقد أمكن حل المعادلة عن طريق المنحنيات بشكل ١٤٢ ، وبذلك يمكن حساب المسافة بين المصرفين (S) فى حالة تجانس التربة .

حيث :

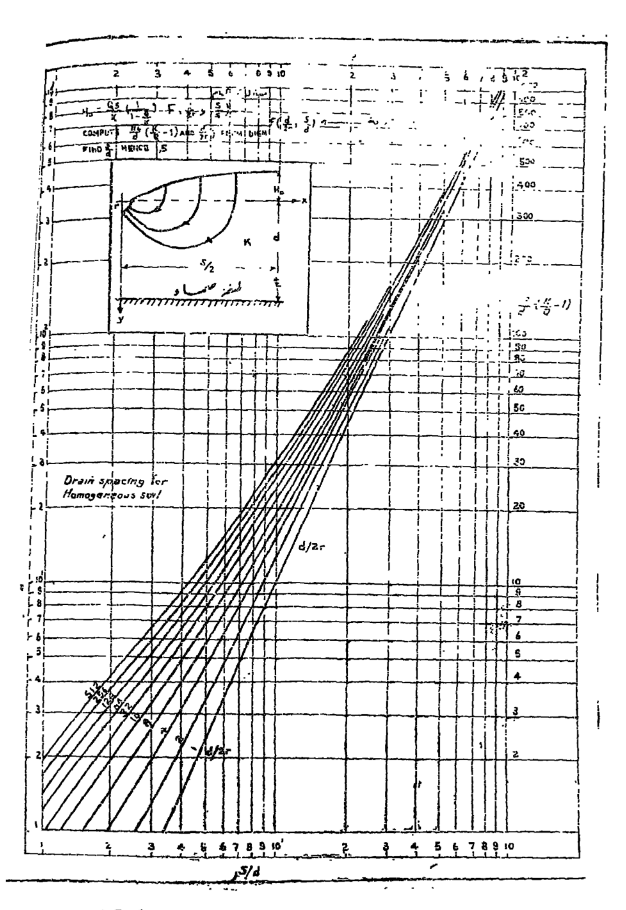
H_0 : ارتفاع الماء الأرضى فوق محورى المصرفين عند منتصف المسافة بينهما ،

d : البعد بين الطبقة الصماء ومحورى المصرفين ،

Q . تصرف المصرف ،

r : نصف قطر المصرف ر

S : المسافة بين المصرفين .



شكل ١٤٢ : نوموجرام لإيجاد المسافة بين المصرفين من دالة كيركهام .

حل المثال السابق بتطبيق معادلة كركهام :

$$\frac{H_0}{d}\left(\frac{K}{Q}-1\right)=\frac{0\cdot 3}{5}\left(\frac{0\cdot 8}{0\cdot 001}-1\right)=47\cdot 9$$

$$\frac{d}{2r}=\frac{5}{0\cdot 2}=2\cdot 5$$

من المنحنيات بشكل ١٤٢ :

$$\frac{S}{d}=16$$

$$\therefore \quad S=80 \text{ ms.}$$

و — معادلات حماد :

١ — حالة التدفق المنتظم :

على اعتبار أن خطوط التدفق رأسية إلى أن تقترب من المصارف حيث تنحنى إليها لتدخلها دخولا نصف قطرى :

$$Q=\frac{2\pi\, h\, K}{\left[\ln \frac{1}{2}\left\{1+\cosh \frac{2\pi\,(D+d)}{S}\right\}\right]} \qquad [105]$$

حيث :

d : بعد المصارف فوق الطبقة الصماء ،

D : عمق المصارف من سطح الأرض و

h : متوسط البعد بين سطح المياه الأرضية قبل المصرف وبعده أى المطلوب خفضه .

وعلى أساس هيدروديناميكى أمكن لحماد استنباط المعادلات الآتية :

أ) في حالة $\frac{D}{S}$ صغيرة اى ($\frac{D}{S} < 1/4$) :

$$Q = \frac{2\pi K H}{\ln\left(\frac{H}{r} + \frac{S^2}{2\pi^2 D r}\right)} \qquad [106]$$

حيث :

Q : تصرف المصرف للوحدة الطولية منه ،

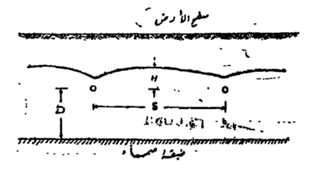
K : معامل التوصيل الهيدروليكى ،

$2r$: قطر مواسير الصرف ،

S : المسافة بين المصارف ،

H : ارتفاع المياه الأرضية عن محورى المصرفين عند منتصف المسافة بينهما و

D : عمق الطبقة الصماء تحت منسوب محورى المصرفين .



شكل ١١٢ : تحديد المسافة بين المصارف حسب معادلات هود .

ii) في حالة $(\frac{D}{S})$ كبيرة اى ($\frac{D}{S} > 1/4$) :

$$Q = \frac{2\pi K H}{\ln\left(\frac{H}{r} + \frac{S}{\pi r}\right)} \qquad [107]$$

والحروف تحمل نفس الدلالات السابقة .

٢ - حالة التدفق الغير منتظم أو الغير ثابت (Unsteady flow) :

$$S = \frac{2\pi K t}{f \cdot \ln\left(\frac{H_0}{H}\right) \ln\left(\frac{S^2}{2r \pi^2 D}\right)} \qquad [108]$$

حيث :

t : الزمن اللازم لخفض مستوى الماء الأرضى بعيدا عن منطقة جذور النبات ويؤخذ عادة الزمن بين ريتين متتاليتين ،

f : المسامية المصرفية (Drainable Porosity) (حوالى ٥٪) و

H_0: ارتفاع الماء الأرضى عند زمن t = صفر فوق محورى المصرفين عند المسافة منتصفها .

وتدل باقى الحروف على نفس الدلالات عاليه .

٣ - تأثير عامل البخر :

وأدخل د. حماد تأثير البخر كالآتى :

i. **فى حالة** ($D > \frac{S}{4}$) **أى حالة التربة العميقة :**

$$S = \frac{2\pi K t}{\ln\left(\frac{S}{\pi r}\right) \left\{ f \ \ln\left(\frac{H_0}{H}\right) - q_0 \, C \, t \right\}} \qquad [109]$$

حيث :

q_0 : معدل البخر من سطح مائى مكشوف و

C : ثابت يعتمد على صفات التربة والعوامل الجوية . ويمكن تحديده

بالتجربة ويساوى تقريبا $(\frac{1}{H_0})$ وهو المعامل (C) فى المعادلة :

$$q_e = q_0 \ (1 - C \ y) \qquad ...[110]$$

حيث :

q_e : معدل البخر من سطح الماء الأرضى و

y : عمق الماء الأرضى تحت سطح الأرض.

ii – فى حالة التربة غير العميقة اى $: D < \frac{S}{4}$

$$S = \frac{2\pi K t}{\ln \left(\frac{S^2}{2\pi^2 r D}\right) \left\{ f \ \ln \frac{H_0}{H} - q_0 C t \right\}} \qquad [111]$$

وقد يؤدى أخذ تأثير البخر فى الاعتبار إلى زيادة المسافة بين المصارف بمقدار قد يصل ٥٠ ٪ .

ز – معادلة شاهين :

افترض شاهين أن الطبقة الصماء والتى تبعد مسافة (d) عن سطح الأرض لاتزيد عن متر واحد تحت المصارف وأن خطوط التدفق تنتهى عند وصولها لهذه المسافة الصغيرة (d) ومن ذلك استنتج المعادلة :

$$\frac{2\pi K H_0}{q S} = \ln \left\{ \frac{\cosh \frac{2\pi}{S} (d + r + H_0) + 1}{\cosh \frac{2\pi}{S} \ (d + r) - 1} \right\} \qquad [112]$$

حيث :

q : كمية مياه الصرف للوحدة المربعة فى وحدة الزمن و

d : بعد الطبقة الصماء عن محور المصارف .

حل المثال السابق بمعادلة شاهين :

$$\frac{2\times 3.14\times 0.8\times 0.3}{0.001\times S}=\ln\left\{\frac{\cosh\frac{2\times 3.14}{S}(1.0+0.1+0.3)+1}{\cosh\frac{2\times 3.14}{S}(1.0+0.1)-1}\right\}$$

$$\frac{1510}{S}=2.3\log\left\{\frac{\cosh\frac{8.45}{S}+1}{\cosh\frac{6.6}{S}-1}\right\}$$

فإذا حاولنا : $S = 70$ ms.

نجد أن الطرف الأيمن = ٠,٩٣٥

وأن الطرف الأيسر = ٠,٨٧٥

ومع محاولة أخرى يمكن إيجاد $S = 75$ ms.

ح - معادلة سعد الحنفي :

اختار سعد الحنفي نموذجين رياضيين يمكن حلهما هيدروديناميكيا الأول تتجه فيه المياه نحو المصارف أفقيا حيث ترتكز المصارف فوق طبقة صماء، والثاني تتواجد فيه حركة المياه تحت المصارف بأقصى عمق كما هو الحال في الأراضي الرملية حيث معامل التوصيل الهيدروليكي عال جدا فوجد أن :

$$S=\sqrt{6.66}\sqrt{\frac{K}{q}}\,H_0$$

حيث q : معدل تصرف وحدة المساحة .

وبحل المثال السابق بمعادلة الخنى :

$$S = 2.58 \sqrt{\frac{0.8}{0.001}} \times 0.3$$

$$= 22.0 \text{ ms.}$$

ط — معادلة عامر ١٩٦٥ :

١ — اذاكانت النسبة ($\frac{d}{S}$) صغيرة تقترب من الصفر فإن :

$$S = \frac{(Kt/f) - (H_0 - H_t)}{F\ (\frac{S}{2})\ \ln\ (\frac{H_0}{H_t})} \qquad [113]$$

حيث :

S : المسافة بين المصرفين بالمتر ،

K : معامل التوصيل الهيدروليكى ،

f : المسامية المصرفية (Drainable porosity) ،

H_0 : عمق الماء الأرضى فى منتصف المسافة بين المصارف بعد انتهاء الرى مباشرة ويسمى العمق الابتدائى أو أعلى عمق ،

H : عمق الماء فى منتصف المسافة بين المصرفين عند زمن (t) ،

t : الوقت اللازم لهبوط الماء الأرضى المسافة ($H_o - H$) بالأيام و

r : نصف قطر المصرف مضافا اليه سمك الفتر .

والمقدار ($H_o - H_t$) بالمعادلة ١١٣ كثيرا مايمكن إهماله .

٢ـ اذا كانت النسبة ($\frac{d}{S}$) كبيرة اى تقترب من مالانهاية

أى الطبقة الصماء بعيدة جدا :

$$S = \frac{\pi K t}{f \ln \left(\frac{S}{\pi r_0}\right) \ln \left(\frac{H_0}{H_t}\right)} \qquad [114]$$

والشكل ١٤٤ يبين كيفية الحصول على الدالة $F\left(\frac{S}{2}\right)$.

٣ ـ مثال . أوجد المسافة بين الحقليات بمعرفة البيانات الآتية :

عمق الحقليات = ١,٢٥ متر ،

k = ٠,٧٢٥ متر / يوم ،

متوسط أعلى ارتفاع للمياه عن سطح الأرض بعد الرى مباشرة هو ٠,٢٠ متر أى أن H_0 = ١,٢٥ - ٠,٢٠ = ١,٠٥ متر ،

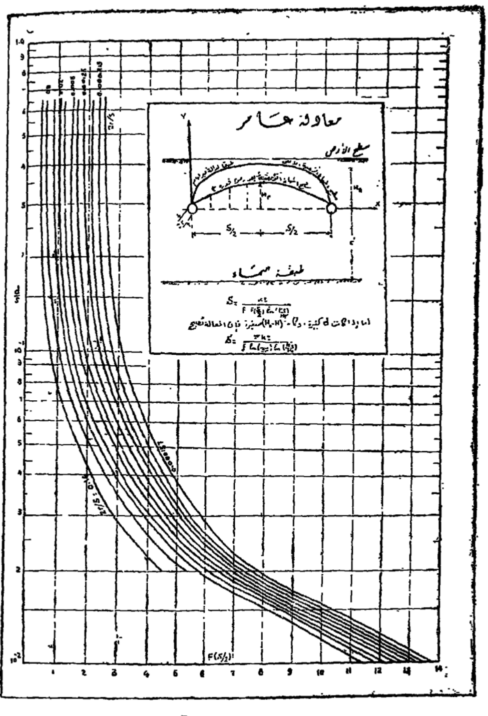
مقدار هبوط سطح الماء هو ٠,٨٠ متر من سطح الأرض لتوفير العمق الكافى لمنطقة الجذور فى زمن قدره خمسة أيام (t = ٥ يوم) ،

أى أن H = ١,٢٥ - ٠,٨٠ = ٠,٤٥ متر .

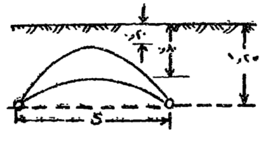
المسامية المصرفية f = ٠,٠٦ ،

نصف قطر المصرف r = ٧ سم + ٣ سم فلتر = ١٠ سم .

ويمكن اعتبار عمق الطبقة الغير منفذة بعيد كما هو واضح من واقع التحليل الميكانيكى لأعماق ٤ متر .



شكل ١٤٤ : طريقة إيجاد $F\left(\frac{S}{2}\right)$.



شكل ١٤٥ : تطبيق لمعادلة هامس

المحاولة الأولى :

نختار S = ٤٠ متر وبالتعويض فى المعادلة ١١٤ :

$$\text{الطرف الأيمن} = \frac{\pi \times ٠,٧٢٥ \times ٥}{٠,٠٠٦ \times \ln\left(\frac{١,٠٥}{٠,٤٥}\right) \ln\left(\frac{٤٠}{٣,١٤ \times ٠,١٠}\right)}$$

$$= \frac{١٩٠}{\ln(٢,٣٥)\ln(١٢٨)} = \frac{١٩٠}{٠,٨٥ \times ٤,٨٥} = ٤٦ \text{ متر} \gtrless ٤٠ \text{ متر}$$

نختار S = ٤٥ متر وبالتعويض نجد أن :

$$\text{الطرف الأيمن} = \frac{٣,١٤ \times ٠,٧٢٥ \times ٥}{٠,٠٠٦ \times \ln\left(\frac{٠,٠٥}{٠,٤٥}\right) \ln\left(\frac{٤٥}{٣,١٤ \times ٠,١٠}\right)}$$

$$= \frac{١٩٠}{٠,٨٥ \times ٤,٩} = ٤٥ \text{ متر} = \text{الطرف الأيسر}$$

ى — معادلة لوثن(Luthin , 1959):

وهى مبنية على أساس انتظام التدفق وعلى أساس أن معدل التدفق فى المصرف

يتناسب خطياً مع بعد مستوى المياه الأرضية ـ عند منتصف المسافة بين الحقليات ـ عن خط المواسير وعلى أساس أن المياه الأرضية على هيئة قطع ناقص معادلته :

$$S = \frac{4\,C\,K\,t}{f\,\ln\left(\frac{H_0}{H_t}\right)} \qquad [115]$$

حيث :

S : المسافة بين الحقليات ،

C : معامل يمثل ميل المستقيم الذى ينشأ من توقيع معدل التدفق لوحدة الطول من خط مواسير الصرف مقابل (KH_t) ،

H_o : الضاغط عند منتصف المسافة بين الحلقيات فى بداية الزمن ،

t : زمن حركة المياه الأرضية من (H_o) إلى (H_t) و

H : الضاغط بعد زمن (t) .

ﻫ — معادلة دم (Dumm) (عام ١٩٥٤) :

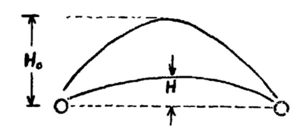
واعتمد فيها على فرض ديبوى وعلى معادلة سريان الحرارة وعلى افتراض أن الشكل المبدئى للمياه الأرضية هو قطع مكافىء من الدرجة الرابعة والمعادلة هى :

$$S = \left[\frac{10\,K\,D\,t}{f\,\ln\left(\frac{1.16\,H_0}{H_t}\right)}\right]^{1/2} \qquad [116]$$

حيث :

D : متوسط عمق الطبقة المشبعة .

وباقى الحروف تدل على نفس الدلالات السابق ذكرها كما هو بالشكل ١٤٦



شكل ١٤٦ : تحديد المسافة بين مصرفين من معادلة دم .

وقد ذكر بيرز (Beers) عام ١٩٦٥ أنه من الأفضل عند ($D < \frac{S}{4}$) أن تؤخذ :

$$D = d + \frac{H_0 + H_t}{4} \qquad [117]$$

وتعطى معادلة دم نتائج مرضية طالما كانت :

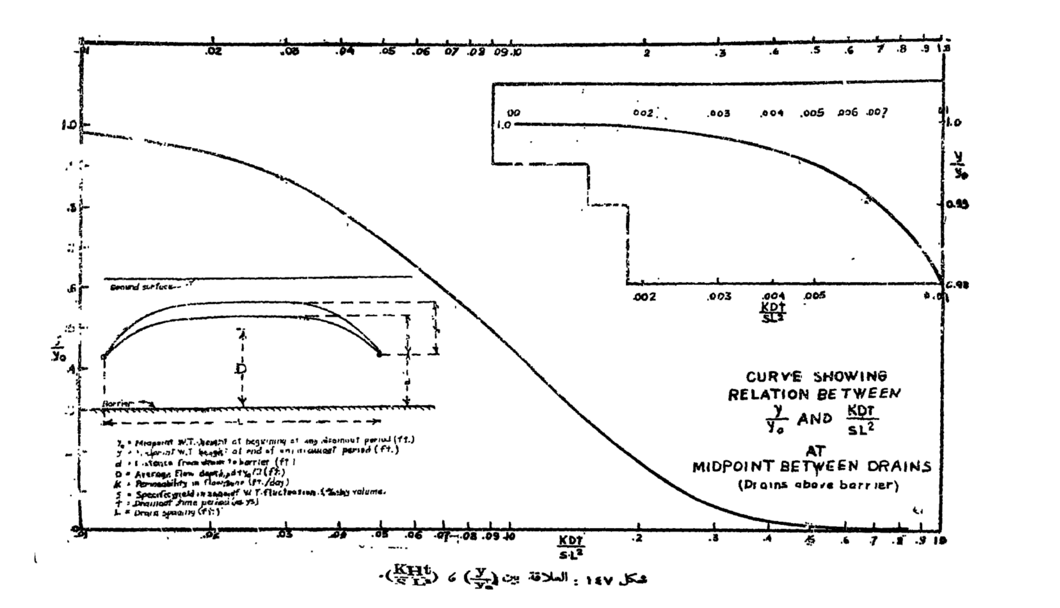
$$\frac{H_t}{H_0} < 0{\cdot}8$$

ل ـ طريقة مكتب الامريكى (B.R.) :

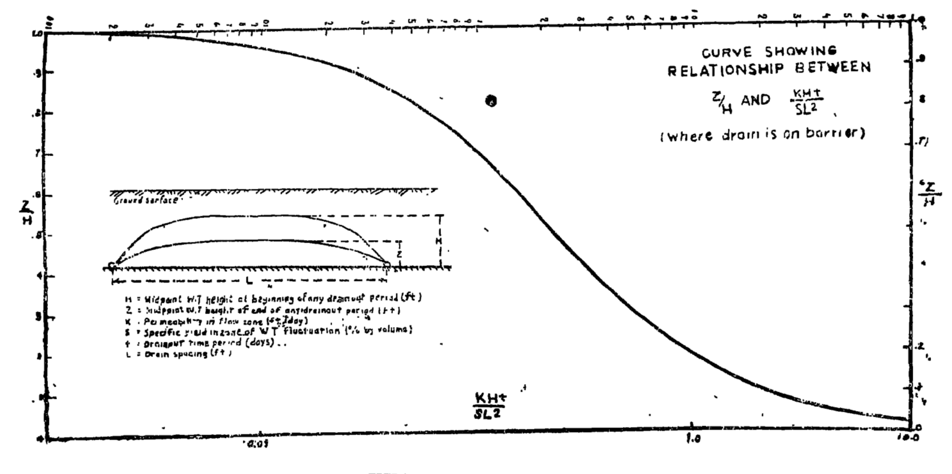
وهى مبنية على إيجاد تعادل ديناميكى (Dynamic Equilibrium) بمعنى أن يكون مقدار سحب المياه (Discharge) وشحنها (Recharge) متساو من عام لآخر وبالتالى لاتتغير ذبذبات سطح المياه الأرضية من عام لآخر.

وتعتمد الطريقة على استعمال أحد المنحنيين بشكل ١٤٧ وبشكل ١٤٨ وفى حالتى إنشاء المصارف المغطاة فوق وعلى سطح الطبقة الصماء .

والمنحنيان يعطيان علاقة مابين ($\frac{y}{y_0}$) ضد ($\frac{KDt}{SL^2}$) ، ($\frac{z}{H}$) ضد ($\frac{KHt}{SL^2}$) على أساس نظرية التدفق الوقتى (Transient flow theory)



شكل ١٤٧ : العلاقة بين $(\frac{y}{y_o})$ ، $(\frac{KHt}{S L^2})$.



شكل ١٤٨ : العلاقة بين $(\frac{Z}{H})$ ، $(\frac{KHt}{SL^2})$.

والمنحنيات تمثل حلولا عند منتصف المسافة بين المصارف حيث :

y_o ، H : تمثلان ارتفاع سطح الماء الأرضى فوق المصرف عند بداية عملية الصرف ، أى أقصى ارتفاع لسطح الماء الأرضى مباشرة وبعد تسرب مياه الرى أو المطر ، وتعتمد قيمتها على عمق منطقة جذور النبات وعلى المناخ ،

y ، z : تمثلان ارتفاع سطح الماء الأرضى فوق المصرف عند نهاية فترة الصرف، بمنتصف المسافة بين المصارف، بعد نزول منسوب الماء الأرضى خلال فترات معينة حسب صفات التربة والمسافة بين المصارف ،

k : المتوسط الوزنى لمعامل التوصيل الهيدروليكى(weighted average) لمنطقة سريان المياه مابين النقطة عند منتصف المصارف وطبقة بطيئة النفاذية يمكن اعتبارها كطبقة صماء (Barrier) ،

S : السعة أو الإنتاج النوعى (Specific yield)، وهى كمية المياه الممكن صرفها من تربة مشبعة بالمياه تحت تأثير قوى الجاذبية الأرضية،وهى تعادل بالتقريب المياه مابين التشبع والسعة الحقلية، ويمكن تحديدهامن المنحنى بشكل ٥ الذى يربط مابين معامل التوصيل الهيدرولكى والسعةالنوعية أو الإنتاجالنوعى ،

t : الزمن بين فترات الرى أو مابين فترات عدم الرى التى يحدث خلالها انخفاض مستوى الماء الأرضى ،

D : العمق المتوسط للتدفق (Average flow depth) اللازم لنقل المياه إلى المصرف ، ويساوى المسافة مابين الطبقة الصماء حتى محور المصرف مضافا إليه نصف المسافة مابين محور المصرف حتى سطح الماء الأرضى عند منتصف المسافة بين المصارف لزمن محدد أى أن :

$$D = \frac{y_0}{2} + d \qquad [118]$$

و L : المسافة بين مصرفين متوازيين .

ويستعمل المنحنى الأول (المصرف فوق الطبقة الصماء بمسافة كبيرة) إذا كانت :—

$$\frac{d}{y} \geqslant 0.80$$

كما يستعمل المنحنى الثانى (المصرف فوق الطبقة الصماء مباشرة) إذا كانت :

$$\frac{d}{y_0} \leqslant 0.10$$

وقد أثبت البحث أنه إذا كانت الطبقة الصماء على عمق أكبر من $(\frac{L}{4})$ فإن الطبقة الصماء لا تأثير فعال لها على المسافة بين المصارف، لذلك فأى قيم لـ (d) أكبر من $(\frac{L}{4})$ يجب عدم استعمالها .

ولما كانت المسافة التى تتدفق فيها المياه تقل كلما قربنا من المصرف مما يدعو إلى فقد فى الضاغط (Head) ، لذا يجب عمل تصحيح يساوى $(D \ln \frac{D}{4r})$ يطرح من قيمة (L) التى حصل عليها من المنحنى بشكل ١٤٧ فقط (دون الحالة الثانية) حيث (r) تساوى نصف القطر الخارجى للمصرف مضافا إليها سمك المرشح الزلطى أو نصف عرض القاع فى حالة المصارف المكشوفة .

تمرين : إذا كانت d تساوى ٢٢ قدم، عمق المصرف من سطح الارض يساوى ٨ قدم، بينما عمق منطقة جذور النبات هو ٤ قدم مما يعطى أكبر ارتفاع مسموح به فوق المصرف ٤ قدم ، والمتوسط الوزنى لمعامل التوصيل الهيدروليكى للطبقات

بين الطبقة الصماء ، وأعلى ارتفاع للمياه الأرضية يساوى ٥ بوصة / ساعة أى ١٠ قدم / يوم ، والتسرب العميق من كل رية يساوى بوصة أى ٠,٠٨٣ قدم .

طريق الحل

من المنحنى بشكل ٥ للعلاقة بين (S) ، (K) نجد أن السعة النوعية = ١٨٪ ،

ارتفاع منسوب الماء الأرضى نتيجة كل جزء من شحن المياه هو التسرب العميق مقسوما على السعة النوعية أى $= \frac{٠,٠٨٣}{٠,٠١٨} =$ ٠,٤٦ قدم .

وبمعرفة الفترة بين الريات وفرض المسافة بين المصرفين تساوى (L) نحسب المقدار $\left(\frac{K D t}{S L^2} \right)$ لكل زمن بين الريات ، ومن المنحنى بشكل ١٤٧ يمكن تحديد المقدار $\left(\frac{y}{y_0} \right)$ والذى منه يمكن معرفة (y_0) لكل رية ومن هذه القيم تحدد أعلى قيمة ناتجة من فرض المسافة بين المصارف، فإن كانت عالية قد ينتج منها ضرر للنبات تعاد الحسابات بعد فرض قيمة أقل للمسافة (L) ، ولا ينسى عمل التصحيح اللازم بسبب الفقد فى الضاغط ، وتحدد المسافة بين المصرفين بعد طرح قيمة التصحيح من (L) .

ويحسن عند تصميم وتحديد المسافة بين المصارف تطبيق أكثر من معادلة وطريقة ثم استخدام وتنفيذ ما هو أكثر ملاءمة للظروف الحقلية وعمل المقارنات الفعلية بين القيم المستنبطة من المعادلات أو الجداول أو المنحنيات ، وبين مقدار الانخفاض الفعلى لسطح المياه الأرضية .

وبصفة عامة فإن المصارف توضع على مسافات أوسع فى أنواع التربة خشنة القوام عنها فى التربة الناعمة القوام . ويحسن البدء بوضع مواسير الصرف على أعماق من ١,٨٠ - ٢,٥٠ متر ، وعلى مسافات كبيرة من ١٠٠ - ٢٠٠ متر فى الأراضى الرملية إلى ٣٠ - ١٠٠ متر فى الأراضى الطينية، كمحاولات فى البداية قد يضطر إلى استكمالها مستقبلات إن رؤى ذلك عند الضرورة .

أقطار مواسير المصارف وأطوالها

اولا - مقدمة : يقصد بحجم أو قطر مواسير الصرف القطر الداخلى لهذه المواسير، وحجم المصارف يعتمد على تصرف المصرف، وعلى المقاومة الداخلية التى تلقاها المياه من الحوائط الداخلية لمواسير الصرف، كما يعتمد بالتالى على طبوغرافية المنطقة، وعلى نوع سطح التربة ، ونوع الطبقات أسفل سطح الأرض ، فإذا كان سطح الأرض ناذا ، وكانت الطبقات أسفل هذا السطح عالية المسامية أسرعت المياه الزائدة بالدخول إلى المصارف والمعتاد أن تستعمل مواسير أكبر قطراً مما لو كان سطح الأرض والطبقات أسفله بطىء المسامية، كما أنه يسمح فقط باستعمال قطر ٤ بوصة فى بداية الحقليات ، حيث لا يتوقع أى توسع فى المستقبل، وحيث يوجد مرشح زلطى حول المواسير، وإلا تستعمل أقطار ٦ بوصة على الأقل، وذلك حتى لا تنسد المواسير نتيجة أى مواد مترسبة داخلها ، أو نتيجة لنمو الطحالب بها .
وإذا اقتضى الأمر صرف المياه السطحية، فلابد من استعمال أقطار كبيرة وأقصى قطر يستعمل للمصارف المغطاة هو ٢٤" وإلا يستعمل مجمعين رئيسيين أو مصرف مكشوف

والمعلوم أن زيادة حجم المصرف لا يؤدى إلى زيادة كبيرة للتصرف، فلو زاد

تحجم مصرف ما ٣٠٠ ٪ أى من ٤ بوصة إلى ١٢ بوصة مثلا وكان هذا المصرف مملوءا تماما، فإن التصرف يزيد بنسبة ٢٣٪ فقط، كما تدل مشاهدات الحقل على زيادة التصرف - فى حالة استعمال المرشحات حول المصارف - كلما زاد سمك هذه المرشحات .

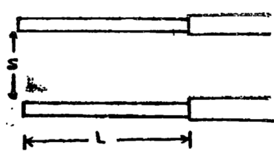
وحركة المياه إلى المصارف وبالتالى تصرف الأخيرة يتأثر بعوامل عدة، منها معامل التوصيل الهيدروليكى ، وعمق المصارف، والمسافة بين وصلات الحقليات أو الأخرام بها، كذلك يتأثر التصرف بتوزيع خطوط الجهد عند حدود مسارات المياه (Distribution of potential at flow boundaries) ومقادير الضغط الارتوازى والضغط العائد أو الراجع (Back Pressure) بالمصرف ، علاوة على حالة المصارف ، والمسافات بينها وأقطارها .

ويراعى عند التصميم أخذ معامل أمان يفضل أن يكون مساويا لـ $\frac{٤}{٣}$.

ثانيا — تحديد مساحة قطاع الحقليات (a) :

يمكن تحديد القطاع من المعادلة :

$$D \times A' = D \times L \times S = Q \qquad [119]$$



شكل ١٤٩ . كروكى يبين المسافة بين المصارف وأطوالها .

حيث :

Q : تصرف المصرف ،

S : المسافات بين مصرفين متجاورين ،

A : الزمام = $L \times S$ ،

D : معامل الصرف المغطى ويرمز له أحيانا (م ص) و

L : طول المصرف المطلوب إيجاد تصرفه .

$$a = \frac{\pi (2r)^2}{4} = \frac{Q}{v} \qquad [120]$$

حيث :

a : مساحة قطاع المصرف ،

r : نصف القطر الداخلي لماسورة الصرف و

v : السرعة المتوسطة في قطاع المصرف ولا يجب أن تقل عن ٠,٥م / ثانية.

ثالثا — حساب معامل الصرف وتصرف المصرف :

المعروف أن معامل الصرف (D) يتأثر بالمسافات بين المصارف ، إذ أنه كلما تقاربت هذه المسافات كلما قلت على تسرب الماء أسفل خط المواسير، كذلك يتأثر معامل الصرف بعمق مستوى المياه الأرضية، وعمقه بالنسبة لخطوط الصرف، فإذا انخفض مستوى الماء الأرضي عن مستوى مواسير الصرف، فإن جزءا من المياه تصل إلى المصارف، وجزءا يمضي في حركته إلى أسفل كما يحدث في القسم الأوسط من دلتا النيل وفي حالة ارتفاع مستوى الماء الأرضي فإن مقنن الصرف يزداد بسبب اندفاع جزء من المياه الأرضية في مواسير الصرف. ويزيد مقنن الصرف بصفة دائمة أو مؤقتة إذا جاورت المنطقة بعض المصادر المائية عالية المنسوب كالأنهار في

حالة الفيضانات أو الرياحات كبيرة الحجم، أو الأعمال الصناعية التي تسبب ارتفاع منسوب المياه أمامها مسببة تسرب المياه إلى طبقة الماء الأرضي، ويكتفى عادة بزيادة معامل الصرف نتيجة هذه الأسباب بإضافة من ٥ - ١٠ ٪ من مقنن الري .

٦ - طريقة وزارة الري المصرية :

أعدت وزارة الري المصرية بعض الأبحاث لتحديد معامل الصرف المغطى (D) أو ($م_{ص}$) ، ووجد أنه يساوى نسبة معينة ($ك_{1}$) من مقنن الري ($م_{ر}$)، باعتبار أن الأخيرة هي المصدر الوحيد للصرف، وبالتالي فإن هذه النسبة تتوقف على معدل استهلاك النبات لمياه الري، وعلى خواص التربة، وطريقة ونظام الري، وعلى مستوى المياه الأرضية، وتتفاوت هذه النسبة بين ٢٥ ٪ -٤٥ ٪ من مقنن الري . وفي المناطق التي يرتفع فيها المستوى البيزومترى للمياه الأرضية عن مستوى مياه الصرف - أي حيث منسوب المياه الأرضية تحت ضاغط هيدروليكي إلى مواسير الصرف - يمكن إضافة حد آخر المعادلة فتصبح :

$$م_{ص} = م_{ر} \cdot ك_{1} + ك_{2} \cdot س \cdot ص \cdot ع \qquad \ldots [٢١]$$

حيث :

$م_{ص}$: معامل الصرف المغطى ،

$م_{ر}$: مقنن الري ،

$ك_{1}$: ثابت أو نسبة معينة ،

$ك_{2}$: معامل أو نسبة ثانية ،

ع : الضاغط الهيدروليكي ،

الموقع	نوع الزراعة	مقنن الرى أثناء الدور م^٣/ف/يوم	مقنن الصرف م^٣/ف/يوم بالنسبة للدور	مقنن الصرف م^٣/ف/يوم بالنسبة للمساحة الكلية	ملاحظات
		الوجه البحرى			
القسم الجنوبى المحصور بين قناطر الدلتا وكنتور ٨ متر	قطن	٥٥	١٤	٥	مناطق متأثرة بقناطر الدلتا
			٢٠	٧	
القسم الأوسط من الدلتا المحصور بين كنتور ٨ مترا .... وكنتور ٣ متر	قطن	٥٥	٢٢		
	قطن	٥	٢٨	١٠	مناطق متأثرة بقناطر زفتى
	أرز	٦٠	٣٠	١٥	
القسم الشمالى المحصور بين كنتور ٣ متر والبحر	أرز	٧٠	٤٣	٢	
	أرز	٧٠	٥٣	٢٧	مناطق مجاورة لفرعى النيل أو متأثرة بقناطر إدفينا وسد فارسكور
		الوجه القبلى			
ترعة الابراهيمية		٢٥	١٥	٥	يضاف ٣ م^٣ لمقنن الدور و المناطق المتأثرة بالحاجز الأرضى
ترعتى نجع حمادى الشرقية والغربية ...		٣٦	٢٤	٨	
ترعتى أصفون والكلابية والمناطق المنعزلة		٤٥	٣٠	١٠	

جدول ٣٤ : مقننات الرى والصرف بمناطق مختلفة فى ج.ع.م.

س : سُمك طبقات التربة التى تمر فيها المياه الأرضية الصاعدة و

ص : سرعة نفاذ المياه الأرضية الصاعدة .

والجدول ٢٤ يبين مقننات الرى والصرف لمناطق مختلفة فى ج .ع .م .

ب-تحديد تصرف المصرف من الرشح العميق (مكتب الاستصلاح الأمريكى B.R.):

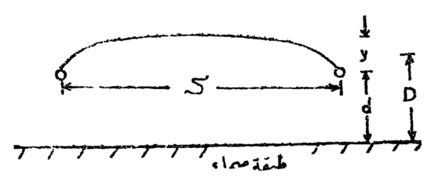
١ — المصرف بعيد فوق الطبقة الصماء:

$$q_p = 0.0000727 \frac{y\,K\,D}{S} \qquad [122]$$

q_p : مكعب الميـــاه بالقدم المكعب / ثانية من الرشح العمق (Deep (perceolation) لكل قدم طولى من المصرف ،

y : أقصى ارتفاع مسموح به لمنسوب المـاء الأرضى فوق الراسم العلوى للمصارف بالقدم ،

k : معامل التوصيل الهيدروليكى الوزنى المتوسط للطبقات مابين منسوب الماء الأرضى والطبقة الصماء (قدم/يوم) ،



شكل ١٥٠ : حساب الرشح العميق لمصارف بعيدة عن الطبقة الصماء.

D : المسافة بين محاور المصارف وبين الطبقة الصماء مضافا إليها ($\frac{Y}{2}$) بالقدم و

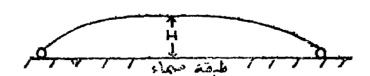
S : المسافة بين المصارف بالقدم .

٢ – المصرف فوق الطبقة الصماء مباشرة :

$$q_p = 0.0000463 \frac{K H^2}{S} \qquad [123]$$

حيث :

H : أقصى ارتفاع لمنسوب الماء الأرضى فوق الراسم العلوى للمصارف بالقدم .



شكل ١٥١ : حساب الرشح العميق لمصارف فوق الطبقة الصماء مباشرة .

٣ – تحديد تصرف المصرف من رشح مناطق مرتفعة مجاورة :

$$Q = K i A \qquad [124]$$

حيث :

Q : التصرف لكل وحدة طولية فى اتجاه عمودى على حركة المياه الأرضية، أى فى اتجاه كنتورات المياه الأرضية بالقدم المكعب / قدم طولى ،

K : معامل التوصيل الهيدروليكى قدم/ثانية ،

i : ميل سطح المياه الأرضية (قدم/قدم) و

A : مساحة قطاع الطبقات الحاملة للمياه لكل وحدة طولية من المصرف .

مثال :

إذا كانت K = ٥ بوصة / ساعة ،

i = ٠ر٠٠٤ قدم / قدم و

A = ٨ قدم مربع/قدم

فإن : $$Q = \frac{٥}{٢ \times ٦٠ \times ٦٠} \times \frac{٤}{١٠٠٠} \times ٨$$

= ٠٠٠٠٠٢٧/٠ قدم٣/ثانية/لكل قدم طولى فى اتجاه عمودى على حركة المياه الأرضية .

فإذا فرض أن طول المزرعة فى الاتجاه العمودى على اتجاه حركة المياه الأرضية ٦٠٠ قدم فإن مكعب مياه الرشح المتجهة إلى المزرعة

= ٠ر٠٠٠٠٠٢٧ × ٢ر٦ = ٠ر٠١٣ قدم مكعب/ثانية

ولكن لا يمكن للمصرف أن يستوعب جميع هذه الميـــاه المتحركة خلال الطبقات المشبعة بالمياه فوق الطبقة الصماء ، وعليه فقط استيعاب جزء منها . لذلك فإنه للأغراض العملية يحسب تصرف المصرف/ثانية (q) كالآتى .

$$q_U = K\ i\ A\ \frac{y}{y+d} \qquad [125]$$

حيث :

y : أقصى ارتفاع لمنسوب المياه الأرضية فوق المصرف بالقدم و

d : المسافة بين الطبقة الصماء والراسم العلوى للمصرف بالقدم .

والتصرف المحسوب بهذه الطريقة قد يكون منشؤه عدة مصادر مثل مياه الري المتسربة من الأرض المرتفعة، ومثل الرشح من الترع ذات المناسيب العالية، أو من البحيرات أو الخزانات المجاورة.

وهكذا يحسب تصرف المصرف الكلي كالآتي.

$$q = q_p + \bar{q} \qquad [126]$$

وإذا زادت قيمة (q) كثيراً نتيجة الرشح من ترعة مجاورة فإنه يمكن حساب الرشح من هذه الترعة منفصلا كما سبق ذكره بواسطة معادلة موريتز (Moritz) ثم مقارنة أيهما أفضل، تبطين الترعة لتقليل مياه الرشح وبالتالي خفض تكاليف إنشاء المصرف، أو إنشاء المصرف بحجمه الكبير على أساس استيعاب (q_u).

والملاحظ أن (q) هي أعلى قيمة للتصرف، ويحدث هذا في فترة يومين فقط بعد الري بينما، تقل كميتها فترة باقي المناوبة بين الريات، وكذلك عندما يكون منسوب الماء الأرضي في أعلا وضع له. أما إذا كانت (q) لمصرف مجمع يخدم مساحة تحتاج عشرة أيام مثلا لريها، فإن كل مصرف فرعي سيعطي مياهه للمجمع التي ستكون أكبر ما يمكن أثناء فترة الري فقط، ولذلك فإنه من الممكن خفض تصرف المجمع بمقدار لا يزيد عن ٢٥٪ من كمية المياه المحسوبة بالمعادلات السابقة وذلك في حالة المجمع الذي يصب فيه أكثر من ثلاثة فروع.

د - تحديد تصرف المصرف من مياه الري او الأمطار التي تسبب ارتفاع الماء الأرضي:

يمكن تحديد التصرف من كمية المياه المختزنة في التربة حتى منسوب الحقليات، والواجب التخلص منها قبل حلول دور المناوبة التالي فإذا فرضنا أن منسوب

الصرف على عمق ١٫٥ متر من سطح الأرض وأن مستوى المياه الأرضية وصل إلى ٠٫٥ متر تحت سطح الأرض، فيصبح المستوى المتوسط للمياه هو ١٫٠ متر تحت سطح الأرض، وبفرض أن السعة النوعية (Specific yield) تساوى ٥٪ فإن كمية المياه المختزنة الواجب التخلص منها يمكن حسابها كالآتى :

$$q = \frac{٢}{٣} \times \frac{٥}{١٠٠} \times (١٫٥٠ - ٠٫٥) \text{ متر} = ٣٣ \text{ مم}$$

على اعتبار أن مستوى المياه الأرضية بعد يوم واحد من الرى تتخذ منحنيا يقرب من القطع المكافىء مساحته ⅔ مساحة المستطيل الذى يحويه . وبقسمة الناتج على مناوبة الرى أو على عدد الأيام المطلوب التخلص فيها من المياه، ثم طرح النتح والبخر (١ - ١٫٥ مم/يوم) من الناتج، كى نحصل على التصرف المطلوب التخلص منه. ويزاد التصرف بمقدار معامل أمان من ٣٠ إلى ٤٠٪ لدخول بعض حبيبات التربة داخل مواسير الصرف مما يقلل معدل حركة المياه .

رابعا - تحديد مساحة قطاع المجمع :

المجمع كما سبق الكلام عنه عبارة عن ماسورة ذات قطر أكبر من الحقلى، وتتلقى مياه الصرف من الحقليات لذلك تزداد كمية التصرف المارة بالمجمع بازدياد طوله، أى أن التصرف المار بالمجمع ليس ثابتا بل يتزايد من المبدأ إلى المصب مع ازدياد عدد الحقليات التى تصب فيه، لهذا فإن قطر المجمع يعتمد على العوامل الآتية :

١ - معامل الصرف للفدان ،

٢ - المساحة التى يخدمها المجمع ،

٣ - الانحدارات المتوفرة بالحقل و

٤ ـ معامل الأمان والذى يسمح بخفض مساحة القطاع نتيجة الإطماء وغير ذلك .

ويحسب قطر المجمع كالآتى :

ا ـ الطريقة الاولى :

١ ـ يحدد التصرف المار فى الحقلى كما سبق حسابه عند تحديد المسافة بين الحقليات أو فى ثالثا أعلاه ،

٢ ـ يحدد عدد الحقليات التى تصب فى طول معين من المجمع و

٣ ـ من معادلة الاستمرار :

$$Q = a \cdot v \qquad [127]$$

حيث

a : مساحة مقطع ماسورة المجمع المطلوبة ،

Q : التصرف المار بالمجمع و

v : سرعة تيار المياه بالمجمع ويمكن فرضها ما بين ٠٫٤٥ ـ ٠٫٦٠ متر/ ثانية ، أو إيجاد قيمتها بأحد وسيلتين .

i ـ معادلة تشيزى (Chezy) :

$$v = C\, m^{1/2}\, i^{1/2} \qquad [128]$$

حيث

C : ثابت يسمى معامل شيزى ويحدد من المعادلة .

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{i}\right)\frac{n}{i^{1/2}}}$$ للوحدات المترية ...[129]

أو المعادلة :

$$C = \frac{41.6 + \frac{1.811}{n} + \frac{0.00281}{i}}{1 + (41.6 + \frac{0.00281}{i}) \frac{n}{i^{1/2}}} \quad \text{لوحدات القدم} \qquad [130]$$

وحيث :

n معامل الخشونة ،

m نصف القطر الهيدروليكى (Hydraulic radius) ويساوى مساحة القطاع مقسوما على المحيط المبتل لماسورة المصرف و

i : الانحدار أو الميل الهيدروليكى ويساوى عادة انحدار خط المصرف .

ii – من قانون مانج :

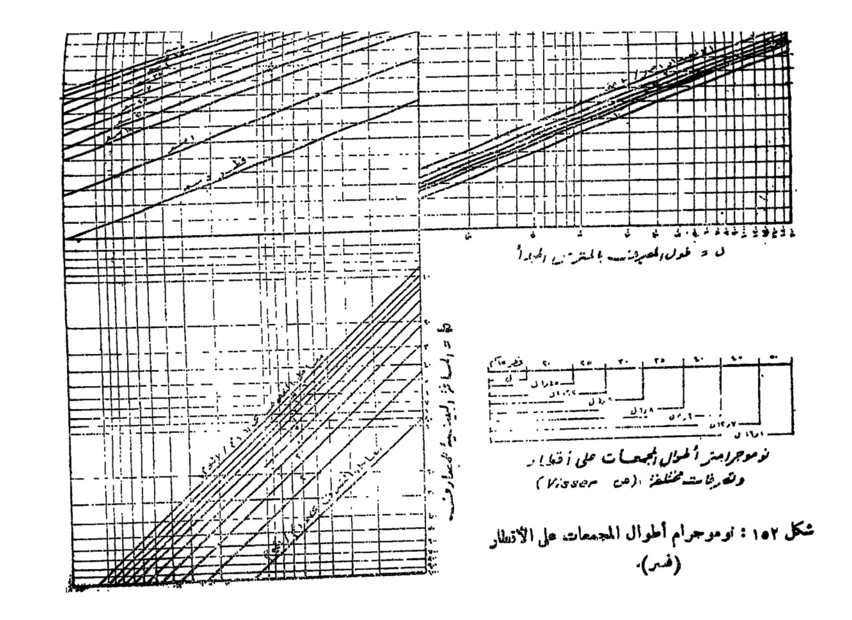
$$v = \frac{}{n}\, m^{2/3}\, i^{1/2} \qquad [131]$$

حيث :

$\frac{1}{n}$: معامل مانج أو معامل الخشونة وفيما يلى بعض قيمه بالجدول ٢٥ :

Closed conduit	n
Concrete pipe	0.011 — 0.013
Vertified clay pipe	0.012 — 0.014
Cast iron pipe, uncoated ..	0 013
Steel pipe	0.009 — 0.011
Brick	0.014 — 0.017

جدول ٢٥ قيم (n) لأنواع مختلفة من المواسير .



نوموجرامتر أطوال المجمعات على أقطار وتصرفات مختلفة (عن Visser)

شكل ١٥٢ : نوموجرام أطوال المجمعات على الأقطار (فسر).

ب - الطريقة الثانية باستخدام معادلة قمر :

$$Q\,b\,L = 2408\,d^{2.672}\,i^{0.55} \qquad [132]$$

حيث :

Q : عامل الصرف مم/يوم ،

b : المسافة العرضية التي يخدمها المجمع بالمتر ،

L : طول المجمع بالمتر من المبدأ إلى النقطة التي يجرى تحديد القطر عندها أو حتى غرفة التفتيش ،

d : قطر المجمع بالسم و

i : انحدار المصرف سم/متر .

ح - استعمال نوموجرام قمر :

إذا كانت Q = ٣ مم/يوم ، b = ١٩٧٫٥ متر ، L = ٢٩٢٫٥ متر ، i = ٥ سم/١٠٠ متر .

من النوموجرام بشكل ١٥٢ نجد أن القطر المناظر للبيانات المعطاة حوالى ٦ بوصة .

وقد وضعت وزارة الرى المصرية بعض الجداول كى تعطى قيم الأقطار والأطوال لانحدارات مختلفة هى ٣ ، ٥ ، ٥٫٧ سم لكل ١٠٠ متر طولى، وقد حسبت الجداول على أساس معامل صرف ٤ مم/ يوم للمناطق التى تزرع أرزا، وعلى أساس معامل صرف ٢ مم/يوم لغيرها من زراعات، فى الوقت الذى حددت فيه المسافة العرضية التى يخدمها المجمع بـ ٤٠٠ متر كالآتى : -

[ملحوظة : الأرقام بين الأقواس تمثل الضاغط المفقود بالسم لطول جزء المجمع المبين بجواره]

الطول الكلى للمجمع	الطــــول المنــــاظر لكل قطـــــر										الضاغط الكلى المفقود بالسم
	قطر ١٥سم		قطر ٢٠سم		قطر ٢٥سم		قطر ٣٠ سم		قطر ٣٥ سم		
٢٠٠	٢٠٠	(٣)									٣
٤٠٠	٣٠٠	(٩)	١٠٠	(٣)							١٢
٦٠٠	٢٠٠	(٣)	٤٠٠	(١٤)							١٧
٨٠٠	٢٠٠	(٣)	٤٠٠	(١٤)	٢٠٠	(٦)					٢٣
١٠٠٠	٢٠٠	(٣)	٣٠٠	(٧)	٥٠٠	(١٩)					٢٩
١٢٠٠	٢٠٠	(٣)	٢٠٠	(٤)	٦٠٠	(٢٢)	٢٠٠	(٧)			٣٦
١٤٠٠	٢٠٠	(٣)	٢٠٠	(٤)	٥٠٠	(١٦)	٥٠٠	(٨)			٤١
١٦٠٠	٢٠٠	(٣)	٢٠٠	(٤)	٤٠٠	(١١)	٨٠٠	(٣١)			٤٩
[illegible]	٢٠٠	(٣)	٢٠٠	(٤)	٤٠٠	(١)	٧٠٠	(٢٦)	٣٠٠	(١٠)	٥٤
[illegible]	٢٠٠	(٣)	٢٠٠	(٤)	٤٠٠	(١١)	٦٠٠	(٢٠)	٦٠٠	(٢٥)	٦٣

جدول ٣٦ : حساب أقطار وأطوال المجمعات بانحدار متوسط ٣ سم لكل ١٠٠ متر وأطوال حقليات ٢٠٠ متر ومعامل صرف ٤م/يوم . [مناطق زراعة أرز] .

الطول الكلى للمجمع	الطول المناظر لكل قطر: قطر ١٥سم		قطر ٢٠سم		قطر ٢٥سم		قطر ٣٠سم	قطر ٣٥سم	الضاغط الكلى المفقود بالسم
٢٠٠	٢٠٠	(١)							١
٤٠٠	٤٠٠	(٦)							٦
٦٠٠	٥٠٠	(١٢)	١٠٠	(٢)					١٤
٨٠٠	٥٠٠	(١٢)	٣٠٠	(٧)					١٩
١٠٠٠	٥٠٠	(١٢)	٥٠٠	(١٥)					٢٧
١٢٠٠	٥٠٠	(١٢)	٥٠٠	(١٥)	٢٠٠	(٦)			٣٣
١٤٠٠	٥٠٠	(١٢)	٥٠٠	(١٥)	٤٠٠	(١٢)			٣٩
١٦٠٠	٥٠٠	(١٢)	٥٠٠	(١٥)	٦٠٠	(١٨)			٤٥
١٨٠٠	٥٠٠	(١٢)	٥٠٠	(١٥)	٨٠٠	(٢٨)			٥٥
٢٠٠٠	٥٠٠	(١٢)	٥٠٠	(١٥)	١٠٠٠	(٤٠)			٧٦

جدول ٢٧ : حساب أقطار وأطوال المجمعات باعدار متوسط ٢ سم لكل ١٠٠ متر وأطوال حقليات ٢٠٠ متر ومعامل صرف ٢ مم / يوم.

طول المجمع الكلى بالمتر	الطـــول المتنـــاظر لكل قطــــر					الضاغط الكلى المفقود بالسم
	قطر ١٥ سم	قطر ٢٠ سم	قطر ٢٥ سم	قطر ٣٠ سم	قطر ٣٥ سم	
٢٠٠	٢٠٠ (٣)					٣
٤٠٠	٣٠٠ (٩)					١٢
٦٠٠	٣٠٠ (٩)	١٠٠ (٤)				٢٢
٨٠٠	٣٠٠ (٩)	٣٠٠ (١٤)	٢٠٠ (١٠)			٣٣
١٠٠٠	٣٠٠ (٩)	٣٠٠ (١٤)	٤٠٠ (١٨)			٤١
١٢٠٠	٣٠٠ (٩)	٣٠٠ (١٤)	٦٠٠ (٣٤)			٥٧
١٤٠٠	٣٠٠ (٩)	٣٠٠ (١٤)	٦٠٠ (٣٤)	٢٠٠ (٧)		٦٤
١٦٠٠	٣٠٠ (٩)	٣٠٠ (١٤)	٦٠٠ (٣٤)	٤٠٠ (٢٠)		٧٧
١٨٠٠	٣٠٠ (٩)	٣٠٠ (١٤)	٥٠٠ (٢١)	٧٠٠ (٣٧)		٨١
٢٠٠٠	٣٠٠ (٩)	٣٠٠ (١٤)	٥٠٠ (٢١)	٩٠٠ (٥٨)		١٠٢

جدول ٣٨ : حساب أقطار وأطوال المجمعات بانحدار متوسط ٥ سم / ١٠٠ متر وأطوال حقليات ٢٠٠ متر ومعامل صرف ٤سم / يوم [مناطق زراعة أرز] .

طول المجمع الكلى بالمتر	الطول المناظر لكل قطر					الضاغط الكلى المفقود
	قطر ١٥سم	قطر ٢٠سم	قطر ٢٥سم	قطر ٣٠سم	قطر ٣٥سم	
٢٠٠	٢٠٠ (١)					١
٤٠٠	٤٠٠ (٦)					٦
٦٠٠	٦٠٠ (١٨)					١٨
٨٠٠	٨٠٠ (٤٠)					٤٠
١٠٠٠	٦٠٠ (١٨)	٤٠٠ (١٤)				٣٢
١٢٠٠	٦٠٠ (١٨)	٦٠٠ (٢٦)				٤٤
١٤٠٠	٦٠٠ (١٨)	٨٠٠ (٤٢)				٦٠
١٦٠٠	٦٠٠ (١٨)	١٠٠٠ (٦٣)				٨١
١٨٠٠	٦٠٠ (١٨)	١٠٠٠ (٦٣)	٢٠٠ (٨)			٨٨
٢٠٠٠	٦٠٠ (١٨)	١٠٠٠ (٦٣)	٤٠٠ (١٨)			٩٩

جدول: ٣٩ حساب أقطار وأطوال المجمعات بانحدار متوسط ٥ سم/ ١٠٠ متر وأطوال حقليات ٢٠٠ متر ومعامل صرف ٢ مم/ يوم [مناطق لاتزرع أرز].

الطول الكلى للمجمع بالمتر	الطـــول المنـــاظر لكل قطـــر										الضاغط الكلى المفقود
	قطر ١٥سم		قطر ٢٠سم		قطر ٢٥سم		قطر ٣٠سم		قطر ٣٥سم		
٢٠٠	٢٠٠	(٣)									٣
٤٠٠	٤٠٠	(٢٢)									٢٢
٦٠٠	٤٠٠	(٣٠)	٢٠٠	(١٠)							٣٢
٨٠٠	٤٠٠	(٢٢)	٤٠٠	(٣٢)							٥٤
١٠٠٠	٣٠٠	(٩)	٧٠٠	(٦٣)							٧٢
١٢٠٠	٣٠٠	(٩)	٧٠٠	(٦٣)	٢٠٠	(١٧)					٨٩
١٤٠٠	٣٠٠	(٩)	٥٠٠	(٣٣)	٦٠٠	(٥٠)					٩٢
١٦٠٠	٣٠٠	(٩)	٠	(٣٣	٨٠٠	(٨٠)					١٢٢
١٨٠٠	٣٠٠	(٩)	٥٠٠	(٣٣)	٨٠٠	(٨٠)	٢٠٠	(١٥)			١٢٧
٢٠٠٠	٣٠٠	(٩)	٥٠٠	(٣٣)	٧٠٠	(٦٢)	٥٠٠	(٣٩)			١٤٣

جدول ٤ : حساب أقطار وأطوال المجمعات بانحدار ٧,٥سم/١٠٠متر وأطوال حقليات ٢٠٠ متر ومعامل صرف ٤ مم/ يوم (مناطق زراعة أرز).

الطول الكلى للمجمع بالمتر	الطول المناظر لكل قطر					الضاغط الكلى المفقود
	قطر ١٥سم	قطر ٢٠سم	قطر ٢٥سم	قطر ٣٠سم	قطر ٣٥سم	
٢٠٠	٢٠٠ (١)					١
٤٠٠	٤٠٠ (٦)					٦
٦٠٠	٦٠٠ (١٩)					١٩
٨٠٠	٨٠٠ (٤٢)					٤٢
١٠٠٠	١٠٠٠ (٧٨)					٧٨
١٢٠٠	١٠٠٠ (٧٨)	٢٠٠ (١٣)				٩١
١٤٠٠	١٠٠٠ (٧٨)	٤٠٠ (٢٨)				١٠٥
١٦٠٠	٨٠٠ (٤٢)	٨٠٠ (٥٩)				١٠١
١٨٠٠	٨٠٠ (٤٢)	١٠٠٠ (٨٤)				١٢٦
٢٠٠٠	٨٠٠ (٤٢)	١٢٠٠ (١١٦)				١٥٨

جدول ٤١ : حساب أقطار وأطوال المجمعات بانحدار ٣,٥ سم /١٠٠ متر وأطوال حقليات ٢٠٠ متر ومعامل صرف ٢ مم / يوم .

د - معادلة بونسيلية (Poncelet) :

وتستعمل للأقطار الصغيرة وهى :

$$v = 48 \left\{ \frac{d \cdot h}{L + 54\,d} \right\}^{1/2} \qquad [133]$$

حيث

v : السرعة بالقدم فى الثانية ،

d : قطر المصرف بالقدم ،

h : الفرق بين منسوب بدايته ومنسوب نهاية المصرف بالقدم أى الضاغط و

L : طول المصرف بالقدم .

هـ - معادلة اليوت (Elliott) :

وهى تشبه معادلة بونسيلية ولها نفس الرموز كالآتى :

$$v = C \left\{ \frac{d\,h}{L + 54\,d} \right\}^{1/2} \qquad [134]$$

حيث :

C : معامل يختلف حسب حجم المصرف ويمكن إيجاده من الجدول ٤٢ :

قطر المصرف بالبوصة	C
٥	٣٤
٦	٣٦
٨	٤٠
٩	٤٣
١٠	٤٤
١٢	٤٥
١٦	٤٧
١٨	٥٠
٢٤	٥٤
٣٠	٥٧
٣٦	٦٠
٤٢	٦١
٤٨	٦٤

جدول ٤٢ : معامل (C) بمعادلة إليوت .

وقد عدل إليوت معادلته إلى :

$$v = C \left\{ \frac{d(h + h')}{L + 54d} \right\}^{1/2} \qquad [135]$$

حيث :

h' : تساوى من ٣و٠ إلى ٥ر٠ من عمق التربة فوق المصرف حسب نوعها ثقيلة أو خفيفة .

وفى حالة وجود عدة فروع تصب فى المصرف الرئيسى عددها ، n ، فإن المعادلة للمصرف الرئيسى تصبح :

$$v = C\left[\frac{d\,(h + \frac{b}{n})}{L + 54\,d}\right]^{1/2} \qquad [136]$$

حيث :

b : مجموع ضواغط المصارف الفرعية الزيادة عن h .

و - معادلة وليامز هازن (Williams - Hazen) :

$$v = C_{\omega}\ m^{0.63}\ i^{0.45}\ 0.001^{-0.04} \qquad [137]$$

حيث :

C_{ω} = ١٢٠ لتصميم المصارف المغطاة .

ز- معادلة وزارة الزراعة الامريكية (U.S.D.A) :

$$v = 138\ m^{2/3}\ i^{1/2} \qquad [138]$$

للحصول على السرعة بالقدم/الثانية .

ح من الجدول المرفق وبمعرفة المساحة او الزمام :

بمعلومية انحدار وتصرف المصرف فى حالة الأراضى متوسطة القوام حيث يؤخذ معامل الصرف عادة حوالى ⅜ بوصة فى اليوم - يمكن تحديد القطر اللازم لمواسير الصرف .

ط - باستعمال الرسم البيانى كالآتى (للاقطار الكبيرة) :

بمعرفة تصرف المصرف بالقدم المكعب فى الثانية وانحدار المصرف بالقدم لكل قدم طولى يمكن إيجاد القطر الداخلى والسرعة . (أنظر شكل ٤٢)

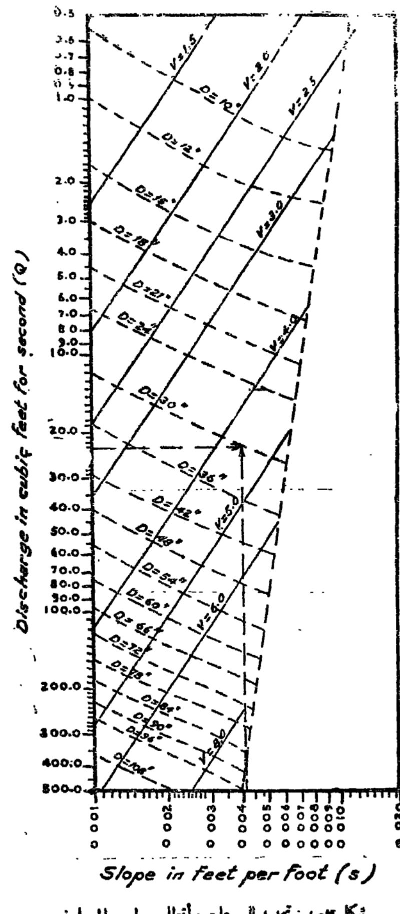
انحدار المصرف المقدم لكل ١٠٠ قدم طولي: ← / القطر الداخلي للمصرف بالبوصة: ↓	٠٫٠٨	٠٫١٠	٠٫١٥	٠٫٢٠	٠٫٢٥	٠٫٣٠	٠٫٣٤	٠٫٥٠	٠٫٧٥	١٫٠٠
	المساحة الى اقرب ايكر									
٤	٣	٣	٤	٤	٥	٥	٦	٧	٩	١٠
٥	٥	٦	٧	٩	٩	١٠	١٢	١٣	١٦	١٩
٦	٩	١٠	١٢	١٤	١٥	١٨	٢٠	٢٢	٢٧	٢١
٧	٢٣	١٠	١٩	٢٤	٢٤	٢٧	٣١	٣٤	٤٢	٤٨
٨	٢٠	٢٤	٢٧	٣٢	٣٦	٣٩	٤٥	٥٠	٦١	٧١
١٠	٣٧	٤١	٥٠	٥٨	٦٥	٧١	٨٢	٩٢	١١٢	١٣٠
١٢	٦١	٦٧	٨٣	٩٦	١٠٨	١١٨	١٣٧	١٥٣	١٧٨	٢١٤
١٤	٩٥	١٠٥	١٢٩	١٤٩	١٦٧	١٨٢	٢١١	٢٤٥	٢٨٨	٣٣٣
١٥	١١٣	١٢٧	١٦٥	١٧٩	٢٠٠	٢١٨	٣٥٢	٢٨٣	٣٤٦	٤٠٠
١٦	١٣٤	١٤٩	١٨٣	٢١١	٢٣٨	٢٩٠	٣٠٢	٣٣٦	٤١٣	٤٧٣
١٨	١٨٧	٢٠٩	٢٥٦	٢٩٥	٣٢٨	٣٦٠	٤١٧	٤٦٧	٥٧٠	٦٦٠
٢٠	٢٤٩	٢٠٨	٣٤١	٣٩٣	٤٤٠	٤٨٣	٥٠٦	٦٢٥	٧٦٠	٨٨٠
٢٢	٣٢٣	٣٦٠	٤٤٢	٥١٠	٥٧١	٦٢٦	٧٢٠	٨٠٠	٩٨٧	١١٤٠
٢٤	٤٠٧	٤٥٣	٥٥٨	٦٤٣	٧٤٠	٧٩٤	٩١٣	١٠٤٠	١٢٤٧	١٤٤٠

جدول ٤٣ ـ أ : المساحات بالإيكر التي يصرفها المصرف بمعرفة انحداره وقطره الداخلي .

وتستعمل وزارة الرى فى مصر الجدول الآتى :

القطر الداخلى (سم)	انحدار ٣سم/ ١٠٠ متر		٥ سم/ ١٠٠ متر		٧,٥سم/ ١٠٠متر	
	المساحة بالفدان ا	المساحة بالفدان ب	المساحة بالفدان ا	المساحة بالفدان ب	المساحة بالفدان ا	المساحة بالفدان ب
١٥	٢٠	٤٠	٣٠	٦٠	٤٠	٨٠
٢٠	٤٠	٨٠	٦٠	١٢٠	٨٠	١٦٠
٢٥	٨٠	١٦٠	١٠٠	٢٠٠	١٤٠	٢٥٠
٣٠	١٤٠	٢٥٠	١٨٠	٣٥٠	٢٥٠	٤٠٠
٣٥	١٨٠					

جدول ٤٣ ـ ب : المساحة بالفدان التى يصرفها المجمع بمعرفة انحداره وقطره الداخلى فى حالة معامل صرف ٤ مم / يوم لمساحات الأرز (ا) وحالة معامل صرف ٢ مم / يوم (ب) لغير الأرز .



شكل ١٥٢ : تحديد السرعات وأقطار مواسير المصارف.

مثال : إذا أعطيت :

Q = ٢٣ قدم مكعب / ثانية = تصرف المصرف ،

S = ٠,٠٠٤ قدم / قدم = انحدار خط الصرف و

n = ٠,٠١٥ معامل خشونة ماتنج .

والمطلوب إيجاد القطر الداخلي (D) للمصرف والسرعة المتوسطة (v) .

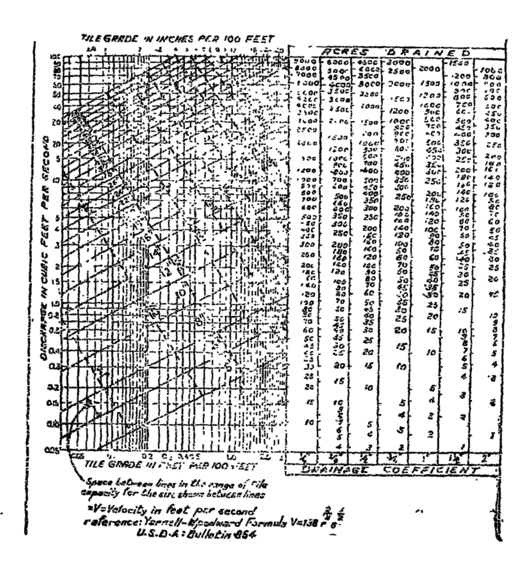
الحل :

كما هو واضح من شكل ١٥٣ بتوقيع ٢٣ قدم مكعب / ثانية على المحور الرأسي وتوقيع ٠,٠٠٤ قدم / قدم على المحور الأفقي فإنهما يتلاقيان في نقطة حيث يمكن تحديد D = ٣٠ بوصة ، v = ٤,٤ قدم / ثانية.

وفي حالة اختلاف معامل الخشونة (n) عن القيمة ٠,٠١٥ المحسوب على أساسها المنحنيات بالشكل فإن القيم المتحصل عليها تضرب في($\frac{0.015}{n}$).

ى — باستعمال الرسمين البيانيين بشكل ١٥٤ ، ١٥٥ :

بمعرفة معامل الصرف ولنفرض أنه يساوي $\frac{3}{4}$ بوصة، وبمعرفة الزمام المراد صرفه ولنفرض أنه ٨٠٠ أيكر، وبمعرفة انحدار خط المصرف ولنفرض أنه ٠,٢ قدم لكل ١٠٠ قدم ، وباتباع العمود أيمن الشكل والذي تحته رقم $\frac{3}{4}$ كمعامل الصرف رأسيا حتى رقم ٨٠ الدال على المساحة ، ثم الاتجاه أفقيا حتى الالتقاء مع الخط الرأسي المقابل لانحدار ٠,٢ قدم لكل ١٠٠ قدم أي ٢,٤ بوصة لكل ١٠٠ قدم - يشير إلى حجم المصرف ١٠ بوصة إلى سرعة مياه الصرف أقل قليلا من ٢ قدم / ثانية ، كما أن التصرف على المحور الرأسي الأيسر يساوي ٠,٨٥ قدم مكعب / ثانية . أما إذا كان معروفا لدينا التصرف فإنه من

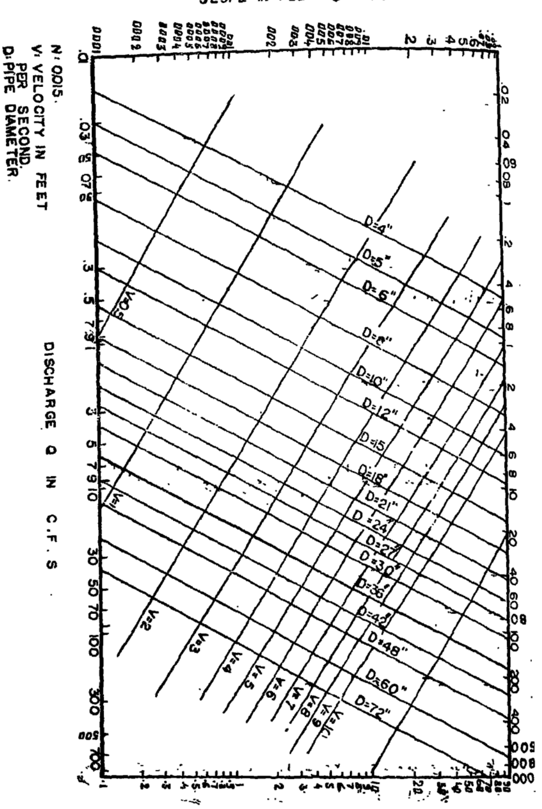


شكل ١٥٤ : تحديد أحجام المصارف وسرعة المياه بها .

الممكن معرفة حجم المصرف باتباع خط أفقي من المحور الرأسي على يسار الشكل حتى يلتقي مع الخط الرأسي المقابل لانحدار خط الصرف.

خامساً - أطوال مواسير الصرف والسرعات المسموح بها :

نادراً ما يزيد طول المصرف قطر ٤ بوصة عن ٤٥٠ متر وإلا فيخشى



شكل ١٥٥ : تحديد أحجام المصارف وسرعة المياه بها .

استعمال قطر ٥ أو ٦ بوصة فى نهاية المصرف السفلى، إذ المفروض أن يزاد قطر المصرف لكل ٤٥٠ متر طولى من المصرف .

ويبلغ طول وصلات مواسير الحقليات من ٣٠ - ٤٠سم، بينما يتراوح طول ماسورة المجمع مابين ٢ - ٣ متر حسب سهولة عمليات النقل والتحميل والتركيب.

والملاحظ أنه كلما قل طول المصارف الرئيسية وزاد طول المصارف الفرعية (بحد أقصى حوالى ٨٠٠ متر) كلما كانت شبكة الصرف أكثر اقتصادا، وكذلك الحال كلما قل عدد المصبات كلما قلت تكاليف الشبكة .

والمعتاد ألا تزيد السرعة عن ١ - ١,٥ م / ثانية فى مصارف الحقل بينما أقل سرعة مسموح بها فى مصارف الحقل هى ٠,١٥ ./ - ٠,٢٠ م / ثانية .

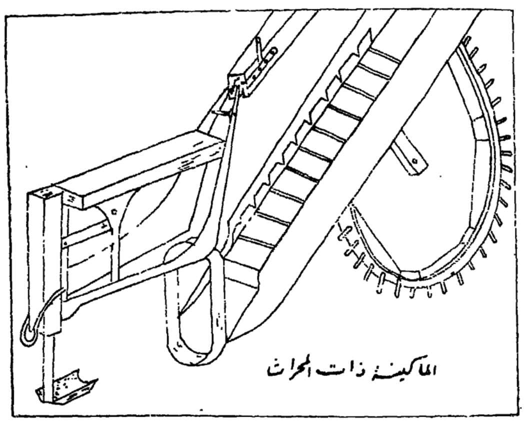
آلات حفر ورص مواسير المصارف المغطاة

يمتاز تنفيذ الحقليات ميكانيكيا بالسرعة إذ يتم انشاء الحقليات وردمها فى نفس اليوم، بعكس التنفيذ باليد الذى يستغرق عدة أيام، كما يمتاز التنفيذ ميكانيكيا بدقته ورخص تكاليف التشغيل (*) عن التنفيذ اليدوى ، إذ تبلغ التكاليف حوالى ٧٥ ./ من مثيلها باليد. وقد ثبت بالتجربة أن الرواسب داخل مواسير الصرف أقل منها فى حالة التنفيذ اليدوى مما يرجع إلى الخطأ أو الاهمال فى التنفيذ اليدوى.

(*) بلغت تكاليف إنشاء المصارف المغطاة باليد من ٢٥ - ٣٠ جنيه مصرى للفدان على أساس مسافات ٦٠ متر بين الحقليات، بينما بلغت التكاليف فى حالة التشغيل الميكانيكى ٢٢,٣٧ جنيه مصرى لمسافات ٣٢ متر بين الحقليات فى مشروع إمبابه و ٢٤,٨٤ جنيه مصرى لمسافات ٤٣ متر بين الحقليات فى مشروع بابيس علما بأن هذه الأسعار لاتحوى أى فائدة أو ربح.

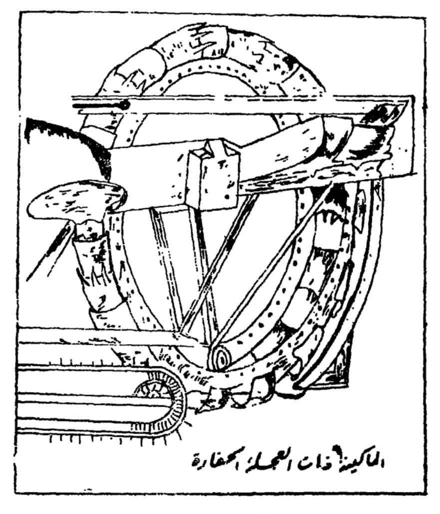
هذا علاوة على أن إنتاج الآلة أكثر من مثيله باليد فقد بلغ طول ما ينشأ بالآلة أكثر من ١٠٠٠ متر طولى فى اليوم .

وهناك أربعة أنواع لماكينات الحفر حسب طريقة التسيير أو الدفع ـ أولها الماكينة ذات المحراث (Plows & Scoops) لتقليب التربة وتفكيكها لإزالتها إما باليد أو بالسيور الناقلة (Belt Conveyors) كما هو موضح بشكل ١٥٦ :ـ



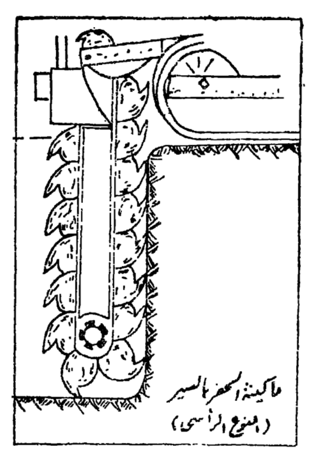
شكل ١٥٦ : ماكينة ذات المحراث.

والنوع الثانى هو الماكينة ذات العجلة الحفارة (Wheel [illegible] vators)، وهى أكثر استعمالا حيث تحمل التربة إلى أعلى العجلة ثم إلى خارج منطقة [illegible] بواسطة سير ناقل كما هو موضح بشكل ١٥٧ :ـ

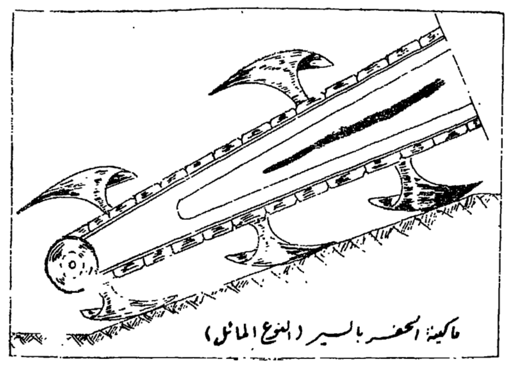


شكل ١٥٧ : الماكينة ذات العجلة الحفارة.

والنوع الثالث ماكينة الحفر بالسير (Endless - chain excavators) الموضحة بشكل ١٥٨، وفيه الماكينة ذات ذراع رأسى مما يقلل من العمل اليدوى لاسيما فى حالة وجود بعض المواسير والكابلات الأرضية بالتربة، وقد تكون الماكينة ذات ذراع مائل كما فى شكل ١٥٩ :-

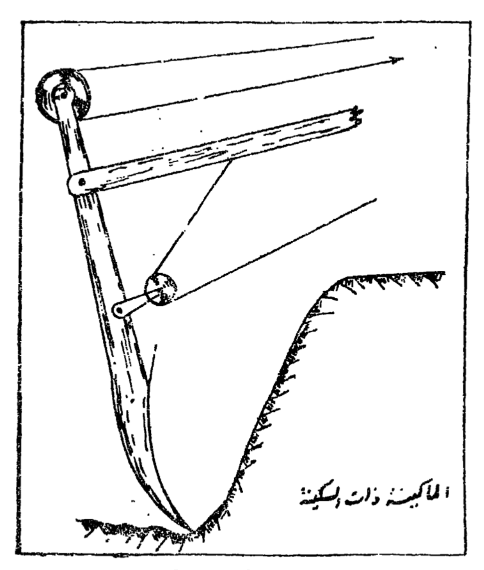


شكل ١٥٨ : ماكينة الحفر بالسير من النوع الرأسي.



شكل ١٥٩ ـ ماكينة الحفر بالسير ذات الذراع المائل.

والنوع الرابع هو الماكينة ذات السكينة (Hoe Excavators) شكل ١٦٠.
حيث يوجد مغراف الحفر (Bucket digging) من سلاح مقعر (Concave
blade) حسب العمق المطلوب حفره ويستعمل هذا النوع للحفر العميق وإزالة
كتل الأحجار الكبيرة وعمل الوصلات .



شكل ١٦٠ : الماكينة ذات السكينة.

وأكثر الأنواع المستعملة فى مصر هو النوع ذو الكتينة الحفارة اصلاحيته

لأنواع التربة المختلفة رغم حاجته إلى مقطورة للسحب، بعكس الأنواع ذات العجلة التي تتحرك ذاتيا . كما أن له حصيرة لتوزيع ثقل الماكينة، وجنزير مثبت به سكاكين لقطع وحفر الخنادق، مبتدئين من المصب، بعرض ٢٣ سم وعمق يصل من ١,٦٠ متر إلى ١,٨٠ متر، وله حوائط تسند جدران الخندق من أى تهايل للأتربة لحين انتهاء رص مواسير الصرف، كما أن له مجرى بين تلك الحوائط تنزلق عليه المواسير لتستقر فى موضعها المحدد كلما تحركت الآلة للأمام . ويمكن التحكم فى العمق والميـــــل والانحدار المطلوبين عن طريق مسطرة أفقية أمام السائق، وبمساعدة سلسلة من الشواخص ذات مؤشرات موضوعة أمام المناسيب المقررة، بحيث تعلو عن قاع الحفر بمقدار ثابت ضمانا لموازاة خط النظر مع الانحدار المطلوب لخط المواسير . وأحيانا يتم تنفيذ الانحدار بطريقة مباشرة بشد خط بين نقط ذات مناسيب وأبعاد معينة ، تتفق مع الانحدار ، ويضاف الماء إلى جدران الخندق أثناء الحفر لتقليل الاحتكاك بينها وبين حوائط الماكينة ويتم وضع المرشح بعد رص المواسير بالسمك المطلوب بواسطة جرار أو جهاز خاص. ويجب اختبار الحقليات قبل أن يتم الردم على المواسير بجرار ذى كتينة على ثلاثة أو أربعة مراحل ذهابا وإيابا ثم يمرر عجل الجرار فوق الردم لتثبيته .

وتحتاج الماكينة لخمسة عمال وفنى واحد لتشغيلها، كما يمكن لها رص المواسير بعمق ١,٥ متر إذا أريد لها العمل بصفة مستمرة، إذ لو زاد العمق عن ذلك فإن أجزاء كثيرة منها قد تلمس سطح الأرض . ولا يصح تشغيل هذه الماكينات فى أراضى مروية منذ فترات أقل من أسبوع، أو أراضى جافة جدا ، ومن الضرورى فى معظم الأحوال إعادة إنشاء المتران الموصلان الحقلى بالمجمع ، إذ قد يكون منسوب المواسير أعلا من المجمع فى بداية تشغيل الحقليات، كما أنه من الضرورى

ردم جميع مواقع الحفر قبل رى الحقل ، وبعد مراجعة انحدار خطوط الصرف ومراجعة تخطيطها وبقية مواصفاتها .

مزايا تنفيذ مواسير الصرف من الثرموبلاستك بالماكينات :

١ . رخص تكاليف التشغيل إلى ما يعادل ربع ما تتكلفه المواسير الفخار ،

٢ . توفير الأيدى العاملة إلى ما يعادل ٨٠ ٪ ،

٣ . إمكان العمل فى معظم أوقات السنة أثناء وجود المحصول أو فى موسم هطول الثلوج ،

٤ . التحسن الملحوظ فى وسائل العمل بالنسبة للطرق الأخرى التى تستخدم فيها المواسير الأسمنتية أو الفخارية والتى تكون فيها عرضة لتلف لحاماتها ولكسرها بسبب الهبوط ، بينما لا تتعرض المواسير المرنة فى مثل هذا النظام لمثل هذه العيوب حتى فى الأراضى الرخوة ،

٥ . لا تتأثر المواسير فى هذا النظام بنمو جذور النباتات أو تراكم الطمى الناعم على مسافات لحاماتها نظرا لعدم وجود لحامات رأسية تساعد على حدوث ذلك .

العوامل التى تؤثر على معدل وضع مواسير الصرف المغطى :

١ - كمية الرطوبة الموجودة بالتربة وقت التنفيذ ،

٢ - صفات التربة كصلابتها ولزوجتها ووجود أحجار بها وجذوع الأشجار وغيرها ،

٣ - عمق الحفر وعرضه ،

٤ - نوع وحالة ماكينات الحفر ،

٥ - مهرة العمال والفنيين القائمين بالتنفيذ و

٦ - الأعطال والظروف الطارئة أثناء التنفيذ .

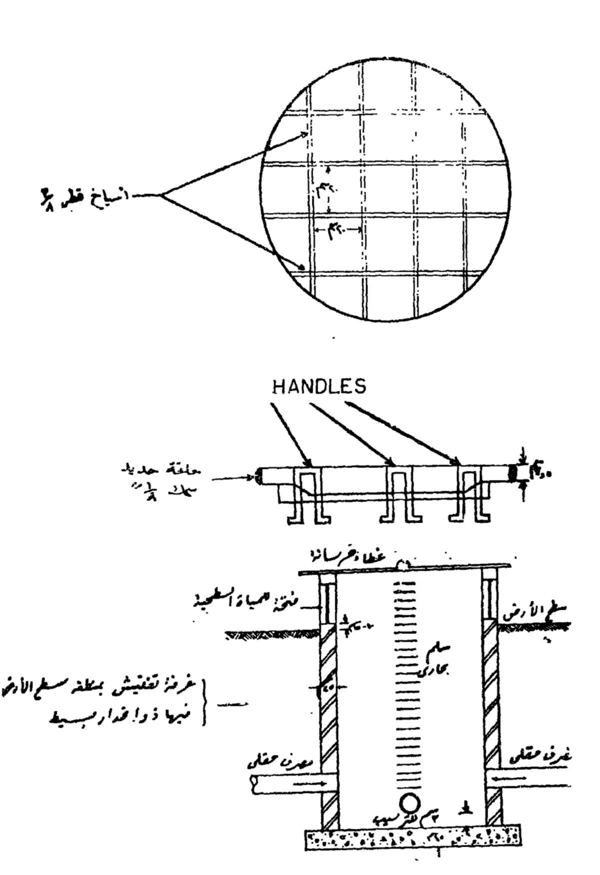
بعض الاعمال الصناعية اللازمة لشبكة الصرف المغطى :

تحتاج أى شبكة صرف مغطاة إلى بعض الأعمال الإنشائية أو الصناعية لضمان حسن تشغيلها على الوجه الأكمل ولتقليل أعمال الصيانة بها ما أمكن ومن أهم هذه الاعمال ما يأتى :

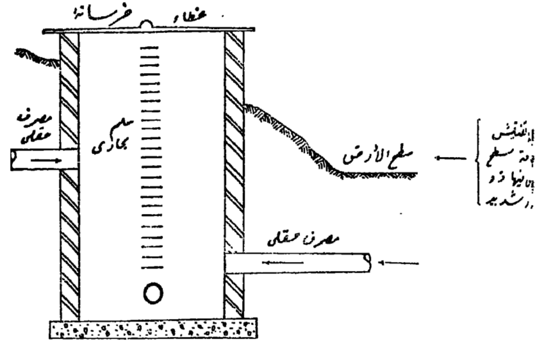
(ا) غرف التفتيش (Manholes) :

وتوضع عند تلاقى خطان أو أكثر من خطوط الصرف ، وعلى مسافات من ١٥٠ - ٤٠٠ متر لسهولة غسيل الشبكة إذا حدث إطماء لها فى المستقبل ؛ أو عند أى تغيير فى تخطيط شبكة الصرف . وليس من الضرورى وضع غرف التفتيش عند تغيير الانحدار أو القطر .

وهى عبارة عن غرف تبنى من الطوب الأحمر أو الحجر بأبعاد : طول متر أو ٣٦ بوصة على الأقل وعرض متر أو ٣٦ بوصة على الأقل ، أو على شكل دائرة قطرها متر أو ٣٦ بوصة ، كل ذلك إذا كانت مواسير الصرف قطرها ١٢ بوصة وإلا زاد الطول والعرض أو القطر إلى ٤٢ بوصة إذا زاد قطر مواسير الصرف عن ١٢ بوصة ، وذلك حتى تتسع له امل يمكنه النزول إلى أرضية غرفة التفتيش بواسطة سلم « بحارى » مكون من بعض الخوص أو الأسياخ الحديدية أو المعدنية تثبت فى أحد جدران الغرفة، ويمكن لهذا العامل تنظيف القاع أو تنظيف مواسير الصرف مما يكون قد ترسب من رمل ناعم جدا وسلت وطين أو من نباتات - مستعملا بعض الادوات المجهزة لهذا الغرض . ومن أجل ذلك يكون منسوب أرضية الغرفة أوطى من منسوب المواسير الخارجة بمقدار ٣٠ سم على الأقل .



شكل ١٦١ : غرفة تفتيش بمنطقة سطح الأرض فيها ذو انحدار بسيط .



شكلى ١٦١ ، ١٦٢ : غرفتا تفتيش بمنطقتين مختلفتى انحدار السطح.

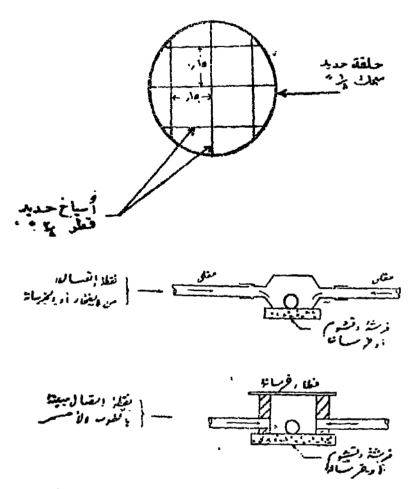
وقد تنشأ بالجدران فوق منسوب سطح الأرض المجاورة عدة فتحات إذا رغب في صرف المياه السطحية عن طريقها . وقد تكون جدران غرفة التفتيش من مواسير ذات قطر كبير من الخرسانة أو مواسير معدنية معرجة (Corrugated Metal Pipe; CMP) سبق غمسها فى الأسفلت أو إحاطتها بالاسبستس (Asphalt dipped) أو (Asbestos - bonded) ويجب المرور على غرف التفتيش مرة على الأقل كل شهر لمدة عام كامل بعد إنشائها على الأقل، ثم المرور عليها مرة أو اثنين كل عام بعد ذلك لتنظيفها .

ويعمل مقدار من السقوط بين مواسير دخول المياه ومواسير خروجها بغرض تعويض الفاقد فى الضغط فى غرفة التفتيش، وذلك بأن تعمل الرواسم العليا لمواسير دخول المياه وخروجها فى نفس المنسوب إذا كان التصميم يبين أن مواسير دخول

المياه مملوءة بها بينما مواسير خروج المياه أكبر قطرا وأن السقوط ممكن تنفيذه ، أما إذا لم يكن التصميم فيه أى تغيير لحجم المواسير وكانت غير مملوءة تماما بالمياه فإن الفاقد فى الضغط يمكن استيفاؤه فى الجزء من المواسير الغير مستغل بالمياه.

(ب) غرف او صناديق الاتصال (Junction boxes) :

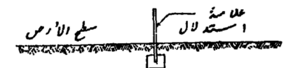
وهى مواضع لقاء المصارف الحقلية مع المجمعات الثانوية أو الرئيسية وتعمل إما من الفخار أو الخرسانة كقطعة واحدة ، كما أنهـا قد تبنى من الطوب فى كثير

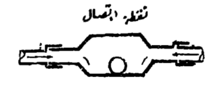


شكل ١٦٣ : غرفتا إتصال من الفخار أو الخرسانة أو من الطوب الأحمر.

من الأحيـان ، وتوضع فوقها على سطح الأرض ما يسمى بعـلامة الاستدلال للتعرف على مواقعها إذ يزرع فوقها لاستغلال الأرض وعدم تركها بور.

(ج) علامات الاستدلال :

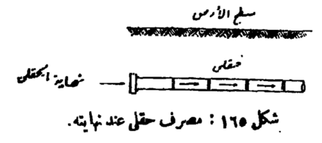




شكل ١٦٤ : علامة استدلال مثبتة فوق غرفة اتصال.

وهى عبـارة عن زوايا حديدية أو معدنيـة ، مثبتة فى الأرض فى كتلة من الخرسانة للتعرف على أماكن غرف الاتصال تحتها وللتعرف على اتجاه المجمع الفرعى أو الرئيسى .

(د) نهايات الحقليات :

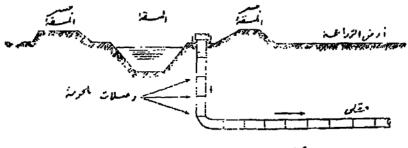


شكل ١٦٥ : مصرف حقلى عند نهايته.

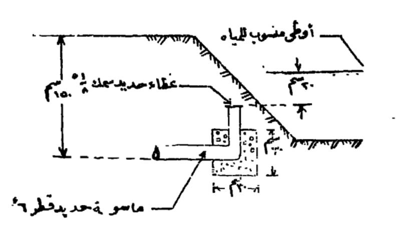
من الضرورى سد مواسير المصارف الحقلية عند نهايتها، منعا لمرور حبيبات التربة الدقيقة خلالها، ومنعا لنمو الطحالب والنبـاتات التى قد تمتد إلى باقى طول

الحقلى بعض الزمن، ويستعمل لذلك إما لحام بالأسمنت أو تستعمل كتلة خرسانية صغيرة أو مجموعة من قوالب الطوب .

(ﻫ) اعمدة الغسيل :

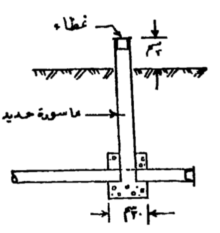


شكل ١٦٦ : حقلى متصل بعامود غسيل.



شكل ١٦٧ : عامود غسيل بمجمع قطر ٦" .

وهى عبارة عن مواسير بوصلات ملحومة أو كوع من الفخار المطلى أو الحديد قطر ٦ بوصة يوصل المصرف بالترعة أو المسقى القريبة ، بغرض غسيل وتنظيف الحقليات أو المجمعات من حين لآخر بواسطة اندفاع المياه إليها . وقد تضاف إلى المياه بعض المواد الكيماوية إذا أريد التخلص من جذور النباتات التى قد يكون نموها سببا فى انسداد مواسير الصرف .



شكل ١٦٨ : عامود غسيل فوق سطح الأرض للحقليات
التي تصب بغرف تفتيش .

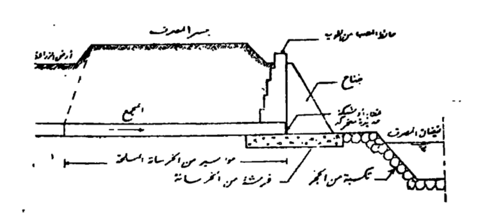
(و) مصبات المجمعات او مخارجها (Outlets) :

من الضروري عند تصميم المصبات دراسة كفاءتها، إذ يفضل ألا تستعمل الطلبات لرفع مياه الصرف ؛ لذلك تقسم المصبات عادة أو المخارج إلى قسمين بالجاذبية وبالرفع وتشمل الأولى المواسير ومجاري المياه المنشأة من مواد مختلفة والمجاري أو القنوات الطبيعية والآبار . وتعتمد هذه الدراسة على صفات المساحة التي يجرى صرفها . فإذا كانت مياه الصرف تنتهي إلى بحر أو بحيرة أو إلى بركة أو نهر فيجب تحديد مناسيب مياهها وتذبذب هذه المناسيب وترددها (Frequency) واستمرارها (Duration)، حيث تحدد هذه المناسيب نهاية الميل الهيدروليكي لخط المياه بنظام الصرف. ويتم الصرف بالجاذبية الأرضية إذا علا سطح الأرض المراد صرفها بمقدار ثلاثة أمتار على الأقل فوق منسوب المصب .

وقد تستدعي بعض الحالات أن تصب المصارف في أحواض (Sumps) حيث تتسرب المياه إلى الماء الأرضي الذي تنتهي حركته إلى نهر أو مساحة إلى

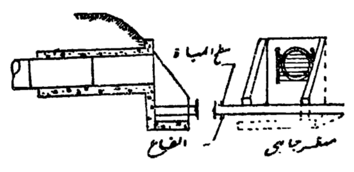
تتسبب لها أية مشاكل بسبب ذلك، ويراعى أن يكون تخلل المياه عاليا بالدرجة الكافية للتخلص من مياه المصرف (شكل ١٧٢).

ومن الضرورى عند لقاء المصارف المجمعة بالمصارف المكشوفة، عمل تكسية للأخيرة حتى لا يسبب تدفق المياه أى انهيار لجوانبها أو لقاعها، أو أى نحر أو تهايل تحت المواسير (Undercutting)، ثم كسر خط الصرف، ولذلك تستعمل وصلات مامحومة عند آخر خط الصرف ، أو تستعمل المواسير المغموسة فى الأسفلت (Aspalt dipped) أو المواسير المعدنية المعرجة المخاطـــة بالأسبستوس (Asbestos bonded corrugated metal pipes ; CMP) أو المواسير الأسبستوس الأسمنتية (Asbestos — Cement pipes) كما تعمل حوائط جانبية تسمى أجنحة (Wing walls) حتى لا تتآكل أتربة جسر المصرف و لتحديد سريان الميـــاه فى مجرى مرسوم أو محدد . كما يتصل بالحوائط الأخيرة حوائط أخرى المحافظة على أتربة جسر المصرف لاسيما إذا كانت مرتفعة المنسوب .



شكل ١٦٩ : مصب مصرف مجمع بمصرف مكشوف.

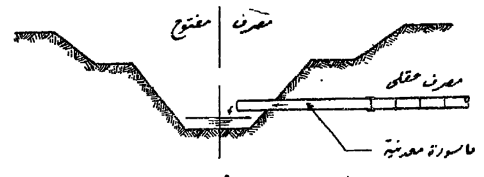
وتوضع بوابة ذات مفصلة بنهاية ماسورة المجمع منعا لدخول أى عوائق بها



شكل ١٧٠ : مصب مصرف مجمع .

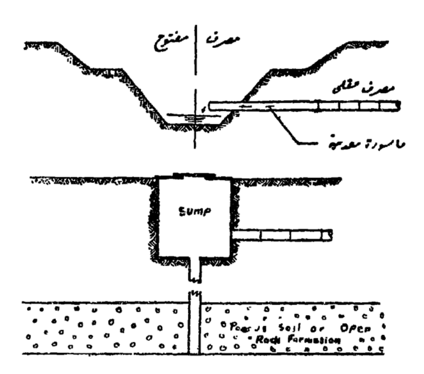
فى الوقت الذى تسمح فيه المفصلة بفتح البوابة فى حالة اندفاع مياه الصرف إلى خارج المجمع، وقد توضع شبكة من السلك لمنع دخول الحشرات أو الضفادع أو الفئران إلى داخل المصرف .

وشكل ١٧١ يبين مصب يعمل عادة فى الأراضى المتماسكة التى لا يحـدث لجوانب المصرف المكشوف فيها أو قاعة أى نحر أو تهايل .

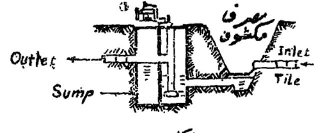


شكل ١٧١ : مصب فى أراضى متماسكة .

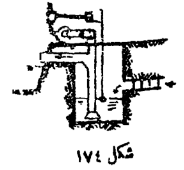
وأشكال ١٧٣ ، ١٧٤ ، ١٧٥ توضح ثلاثة أنواع مخارج لمصارف مغطاة حيث وضعت عليها ثلاثة طلمبات لرفع مياه الصرف .



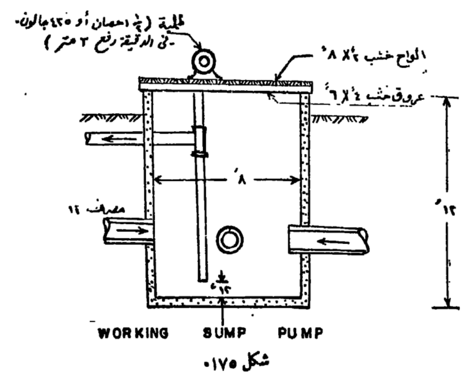
شكل ١٧٢ : مصب فى حوض (Sump).



شكل ١٧٣.



شكل ١٧٤



شكل ١٧٥.

أشكال ١٧٣ ، ١٧٤ ، ١٧٥ : ثلاث مخارج لمصارف مغطاة ركبت عليها طلمبات لرفع مياه الصرف .

ويمكن تلخيص الشروط الواجب توفرها فى المصبات أو المخارج كالآتى :

١ ـ حرية خروج المياه بأقل صيانة لازمة ،

٢ ـ عدم حدوث انهيار أو تآكل أو ضرر للمصارف ،

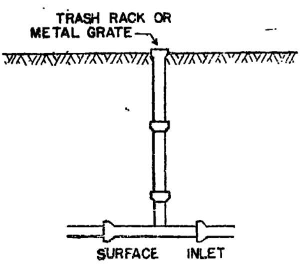
٣ ـ إبعاد الحيوانات والفئران بعيدا عن نهاياتها ،

٤ ـ وقاية النهايات من مرور الماشية ومن نتائج تجمد المياه وذوبانها و

٥ ـ منع دخول المياه ورجوعها إلى المصارف فى حالة ارتفاع المياه بمكان إلقائها .

ز ـ المداخل السطحية (Surface inlets):

وتستعمل للصرف السطحى كما سبق الحديث عنه ويمكن زارعة المساحات

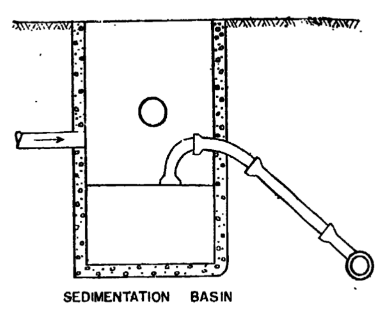


شكل ١٧٦ : مدخل مياه سطحى .

حول الماسورة بالحشائش بصفة مستمرة، وقد يضطر لعمل المداخل السطحية بالمساحات الواطئة، ولتوصيل خنادق صرف الطرق بشبكة الصرف وتختار مواقعها بجوار الأسوار أو المساحات الدائمة الإنبات ، وتنشأ من الوصلات المتداخلة (Bell and spigot tile) بقطر لايقل عن ٦ بوصة مع لحام الفواصل الرأسية والفواصل على مسافات ٢ متر على الأقل من جانبى المصرف الأفقى . ويفضل تثبيت الجزء الرأسى بعمل قاعدة خرسانية (Concrete collar) حول مدخل المياه الذى يجب وقايته بشباك معدنى على شكل خلية النحل (Beehive grate).
وفى حالة ضرورة إنشاء مدخل سطحى فوق مصرف مغطى رئيسى يفضل اختيار مصرف فرعى قرب نهايته بمقدار من ٢ متر إلى ٤ متر لإنشاء المدخل السطحى متصلا به من أجل منع فشل نظام الصرف إذا ما انهار المصرف الفرعى أو فى حالة تلفه

ح . احواض الترسيب للمصارف كبيرة الحجم (Sedimentation Basins):

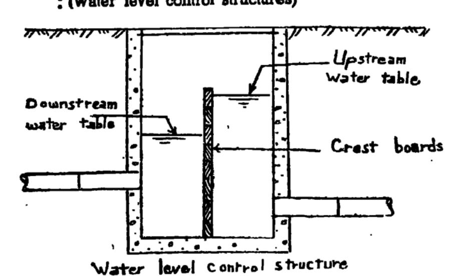
وتنشأ فى حالة احتواء الأراضى لكميات كبيرة من الرمال الناعمة التى تسبب انسداد المصارف بعد دخولها فى الوصلات . وقد تغطى بأغطية من الخرسانة أو



شكل ١٧٧ : حوض ترسيب.

الحديد أو بمجموعة أسياخ حديدية قطر كل منها بوصة والمسافة بينها ٣ بوصة من المركز إلى المركز إذا أريد استعمالها كمدخل للمياه فى نفس الوقت .

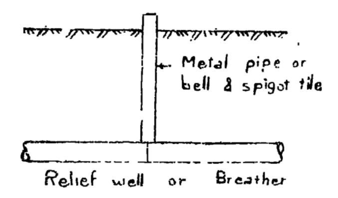
ط ـ انشاءات للتحكم فى مناسب المياه
: (Water level control structures)



شكل ١٧٨ : منشأ التحكم فى منسوب المياه.

وتستعمل فى حالات الرى التحت سطحى لاسيما فى الأراضى العضوية (Organic soils) للتحكم فى منسوب المـاء الأرضى وضمان ثباتها عند منسوب معين .

ى • منفس او ماسورة تهوية (Relief Well or Breather) :



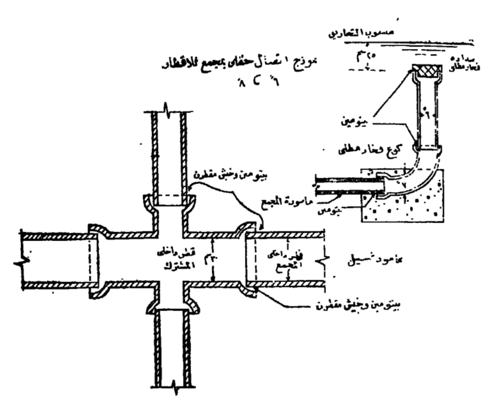
شكل ١٧٩ : منفس أو ماسورة تهوية (Relief well Breather).

وهى مواسير أسمنتية متداخلة أو من الحديد ذات حجم صغير تمتد من المصارف إلى أعلى سطح الأرض بحوالى ٣٠ سم .

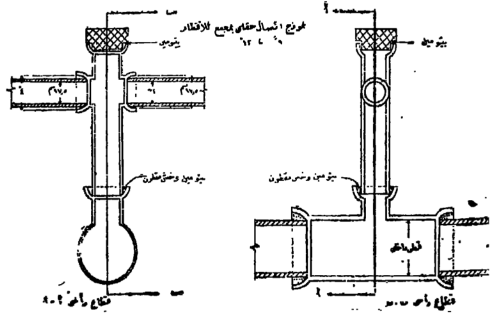
وتستعمل لوقاية مواسير الصرف من الانفجار نتيجة زيادة الضغط، وتوضع فى الغالب بالأماكن الغير معرضة للتلف وحيث المصارف شبه أفقية بعد تغير كبير فى انحدار المصرف بالمسافة شبه الأفقية .

ك : نموذجى اتصال حقل بمجمع لأقطار مختلفة :

أنظر شكلى ١٨٠ ، ١٨١ :



شكل ١٨٠



شكل ١٨٠ ، ١٨١ : نموذجى اتصال حقلى بمجمع لأقطار مختلفة.

انحدارات المصارف المغطاة

اولا – الحقليات:

من أهم العوامل التى تتحكم فى تحديدانحدار المصارف الحقلية عامل السرعة وقد أعطى بوتسيلية قانونه المشهور الذى يمكن به تحديد السرعة :

$$v = 46\,C\sqrt{\frac{D\,H}{L + 50D}} \qquad [139]$$

حيث :

V . السرعة ،

L : الطول بالقدم للمصرف ،

D : القطر بالقدم للمصرف ،

H : فرق المنسوب بين بداية المصرف ونهايته بالقدم ،

C : معامل يمكن إيجاده من الجدول الآتى حسب قطر المصرف :

القطر بالبوصة	C	القطر بالبوصة	C
٢	٠ر٧٥	٨	٠ر٩٢
٣	٠ر٨٠	١٠	٠ر٩٥
٤	٠ر٨٣	١٢	٠ر٩٧
٥	٠ر٨٦	١٤	٠ر٩٩
٦	٠ر٨٨	١٦	١ر٠٢

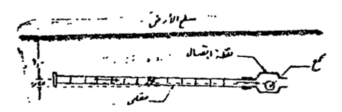
جدول ٤٤ : تحديد المعامل C بمعادلة بوتسيلية.

ويتضح من قانون بوازيلية عدم ثبات السرعة على طول المصرف ولذلك يجب ألا تقل السرعة عن ١٥ر٠ - ٢٠ر٠ م/ث كما يجب الا تزيد عن ٠ر١ - ٥ر١ م/ث .

ويتبع بالنسبة للانحدار عادة الآتى :

(ا) فى الأراضى المنبسطة:

يوضع مصب كل حقلى أوطى من مبدئه بحوالى ٢٥ سم على الأقل حتى يعطى أكبر انحدار ممكن لمياه الصرف كما هو موضح بالشكل :



شكل ١٨٢ : ويبين انحدار المصرف الحقلى حيث يعلو المبدأ عن المصب بمقدار ٢٥ سم على الأقل .

(ب) فى الأراضى ذات السطح المتحدر :

توضع مواسير الصرف موازية لسطح الأرض عادة وعلى عمق منها حسب الأعماق التصميمية لشبكة الصرف .

ثانيا ـ المجمعات :

يجب أن يكون انحدار المجمعات تنازليا أى يجب أن يقل الانحدار كلما زاد حجم المصرف ، ويحدد انحدار المجمعات مناسيب النهايات السفلى للمصارف التى تصب فيها والتى يجب توقيعها على ورق مربعات،ورسم خطوط لها انحدار يمر بهذه النهايات أو أوطى منها (من الخطوط) ، وعادة لايقل انحدار المجمعات عن

٠٫١٥٪ وقد يقل انحدار المجمعات ذات قطر ١٢ بوصة أو أكبر - إلى ٠٫٠٥٪ وإن كان من المفضل زيادتها . ويعتمد انحدار المجمعات على طولها وعلى منسوب المياه بالمصارف التى تصب فيها .

ثالثا - ملاحظات عامة بالنسبة لانحدارات المصارف المغطاة :

١ - يعطى أكبر انحدار لمصارف الحقل فى حالة التخطيط الطولى وأقل انحدار فى حالة التخطيط العرضى ، إذ كلما زاد الانحدار كلما قل حجم المصرف اللازم وكلما أسرع فى التخلص من ميـــاه الصرف ويتحاشى تغيير الانحدار إلا فى الضرورة القصوى ،

٢ - يجب ألا تزيد الانحدارات كثيرا إلى الحد الذى قد يسبب التيـارات العرضية أو العكسية والذى قد يتسبب فى حركة حبات التربة وتخلخلها لاسيما عند الوصلات والفواصل وإلى زحزحة خطوط الصرف ،

٣ - يجب ألا تقل الانحدارات إلى الحد الذى لا يسمح بحمل المواد العالقة بمياه الصرف مما قد يؤدى إلى رسوبها فى المواسير، وعلى ذلك يجب أن تكون الانحدارات بحيث تعطى السرعة فى الحدود المسموح بها . (أنظر معادلة فسر التى تحكم العلاقة بين الانحدار والسرعة) ،

٤ - قد يعمل الانحدار صفرا لأطوال قصيرة وفى المسافات العليا من خطوط الصرف ويحظر استعمال انحدار عكسى لأى سبب ،

٥ - يراعى فى جميع الانحدارات التى تبلغ أقل من ٠٫١٪ استعمال فروع مستقيمة كما يراعى تقليل المنحنيات حرصا على اقتصاديات المشروع ولتسهيل مهمة الصيانة ولتقليل الفاقد الهيدروليكى ،

٦ - أقل انحدار فى الأراضى الطينية للمصارف قطر ٤ بوصة هو ٢ر٠٪ وفى الأراضى الرملية ٣ر٠٪ وقد يزيد الانحدار حتى ٥ر٠٪ إذ لو زاد الانحدار عن ٥ر٠٪ فقد يؤدى ذلك إلى حركة المياه خارج مواسير الصرف مسببة نحر التربة وحدوث فجوات قد تؤدى إلى خروج خط الصرف عن مكانه، وإذا اضطر إلى استعمال انحدارات صغيرة للحقليات فيجب أن يقصر طولها و

٧ - أقل انحدار للمجمعات هو ١٥ر٠٪ للأقطار حتى ١٢ بوصة، ٥٠ر٠٪ للأقطار من ١٢ بوصة وأكبر ولكن يفضل أن تزيد عن ذلك لضمان سير المياه بسرعة كافية لكسح ما يمكن دخوله من عواد وأتربة فى مواسير الصرف .

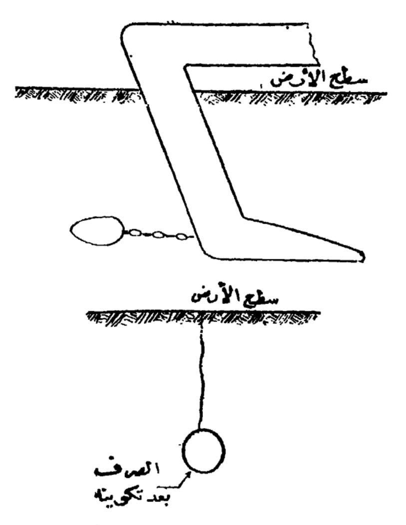
وقد استعملت الانحـــدارات الآتية فى بعض مشروعات الصرف المغطى فى مصر :

١٠ سم/١٠٠ متر	لمواسير قطر ٤ بوصة ،
٦ سم/١٠٠ متر	لمواسير قطر ٦ بوصة ،
٤ سم/١٠٠ متر	لمواسير قطر ٨ بوصة و
٢ سم/١٠٠ متر	لمواسير قطر > ٨ بوصة .

مصارف الخلد أو الدول (Mole Drains) أو الثقوب الأفقية:

وهى طريقة وقتية ورخيصة للصرف إذ قد تقل تكاليف إنشائها عن ١/٦ من تكاليف المصارف المغطاة من المواسير الأسمنتية إذا أنشئت الثقوب على أعماق ٧٥ سم وعلى مسافات ٦ر٠ متر فقط بين خطوطها . ويمكن إنشاء هذا النوع من المصارف بجهاز خاص شكل ١٨٣ عبارة عن سدادة معدنية أسطوانية ذات قطر يساوى ٢ - ٣ بوصة وطول حوالى قدم وتشبه كثيرا فى شكلها قذيفة

مدفع الميدان ، وقد تركب فى عماريث الأعماق أو تنشأ بمحراث الخلد (Mole plough) (نسبة إلى حيوان الخلد الذى من طباعه حفر الأرض) . إلا أن كفاءة هذه المصارف عالية بعد إنشائها مباشرة ثم تقل هذه الكفاءة بمضى الوقت ، ويعتمد عمرها على العوامل الآتية :



شكل ١٨٣ : قطاع بمصرف حفار وطريقة تكوينه .

١) ثبات بناء التربة فى الطبقات التى تنشأ بها ،

٢) المحتوى الرطوبى عند التنفيذ ،

٣) كمية وشدة هطول الأمطار ومياه الرى،

٤) التغيرات الموسمية لدرجات الحرارة وتوالى عمليات التجمد والإذابة،

٥) عمق المصارف وقطرها و

٦) المعدات وطرق الإنشاء والتنفيذ.

وقد أنشئت هذه المصارف ونفذت بنجاح فى انجلترا ونيوزيلندا وحوض ستر(Sutter Basin) بكاليفورنيا وعاشت وعملت بنجاح فترات طويلة تتراوح من عشرة إلى خمسة عشر عاما. ويجرى تنفيذ بعض التجارب على مصارف الخفار بقطاع وسط الدلتا (الحامول) لدراسة إمكانية غسيل الأراضى الملحية وصرفها. ويعتمد عمق هذا النوع من المصارف والمسافة بينها على صفات التربة وقوة الآلات التى تقوم بجر محاريث العمق البعيد اللازمة للإنشاء.

وتعمل أقطار مصارف المول أو الخفار والتى قد تسمى الثقوب الأفقية من ٢ إلى ٨ بوصة وإن كانت الأقطار الشائعة الاستعمال هى ٢ - ٢½ بوصة. كما أنشئت هذه المصارف على عمق يتراوح من ٣٠ - ٩٠ سم حتى تكون بعيدة عن تأثير إتلاف الحيوانات والمعدات الميكانيكية الزراعية، وكذلك بعيدا عن تأثير الأحوال الجوية نسبيا ويحسن توصيل مصبات مصارف المول بوصلات من المواسير.

وتتراوح المسافة بين هذه المصارف من ١,٥ متر إلى ١٠ متر بالنسبة إلى قلة تكاليف إنشائها. ويلزم لإنشاء هذه المصارف جرارات قوتها من ٣٠-٧٠ حصان أو أكثر حتى تكون كافية لجر المحاريث بعيدة العمق وإنشاء المصارف على أعماق من ٦٠ - ٩٠ سم، حسب سرعة الجرار ونوع التربة والمحتوى الرطوبى بها وحسب حجم المصرف.

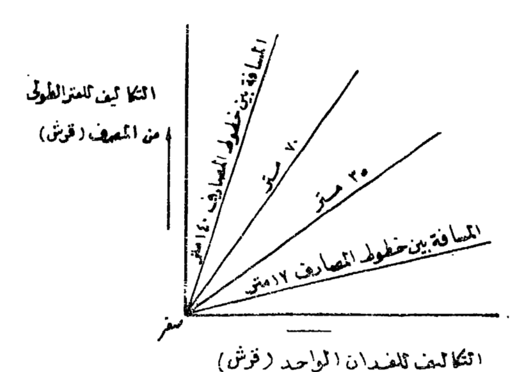
وأنسب الظروف لإنشاء مصارف الحفار هو حينما يكون سطح التربة جافا بالدرجة التى تسمح لوحدة الجر بالعمل ، وتكون فى الوقت نفسه الطبقات تحت سطح التربة مبللة بدرجة كافية لإنشاء المصرف إذ كلما زاد جفاف هذه الطبقات كلما زادت الحاجة لقوة جر عالية وصعب تكوين المصرف .

وكثيرا ما تعمل مصارف المول عمودية على شبكة الصرف المغطى إذا كانت المسافات بين خطوطها بعيدة ، وذلك لتسهيل مهمة المصرف المغطى ولمساعدتها إذا كانت التربة طينية ثقيلة قليلة المسامية، وذلك بالإضافة إلى عمل بعض الخطوط (Furrows) موازية للمصارف المغطاة وفوقها مباشرة إذا لزم الأمر ومن أجل الصرف السطحى .

ولا يمكن تنفيذ مصارف المول فى الأراضى الرملية أو البيت (Peat soils)، ويفضل إنشاؤها دائما فى الأرضى ناعمة القوام أى الطينية . ولا يعيب هـــذه المصارف إلا قصر عمرها (من عام إلى ثلاثة أعوام فى أغلب الأحوال) وإلا الأعماق الصغيرة التى لا تتجاوزها .

وقد صنعت حديثا مواسير من البلاستيك مخرمة وملفوفة حول بكرة كبيرة بحيث يمكن وضعها فى هذه الثقوب الأفقية بمساعدة ماكينات خاصة ، كما أمكن عمل شرائح من البلاستك بحيث تكون ماسورة بعد لفها، حيث توضع فى الثقوب لحمايتها من أى انسداد أو تهايل للأتربة .

ويوضح شكل ١٨٤ تكاليف المتر الطولى من المصرف وتكاليف الفدان الواحد إذا أنشئت المصارف على مسافات مختلفة ،



شكل ١٨٤ : تكاليف المصارف المغطاة على مسافات مختلفة للمتر الطولى وللفدان الواحد .

تنفيذ ووضع المصارف المغطاة :

بعد اختيار أقطار المواسير وحساب الأحمال عليها نتيجة الردم والتأكد من أن هذه الأحمال أقل من شدة السحق (Crushing Strength) - يبدأ فى التنفيذ بوضع أوتاد على طول خطوط المصرف على مسافات من ١٥ - ٥٠ متر ، ويكتب على كل منها بعده عن مصب أو مخرج المصرف ، ويبدأ بالصفر الحقليات عند لقائها بالمصارف كبيرة الحجم كما توضع أوتاد أخرى لايزيد ارتفاعها عن منسوب سطح الأرض بعدد منها منسوب قاع المصرف . حسب قطاعات هندسية تحسب لها مكعبات الحفر والعمق الذى يكتب على الأوتاد ، ويحسن شد حبل بين قوائم عرضية لقياس العمق المطلوب منه من أجل دقة العمل .

ويفضل بدء الحفر من جهة المصب حتى يمكن صرف أية مياه أثناء الحفر، كما يجب تجهيز طلمبة فى حالة استعداد لضخ أية مياه قد تتجمع أثناء العمل . ويفضل عمل المصارف فى أكثر الأوقات جفافا من العام وفى حالة زيادة عمق الحفر عن ١,٥ متر حيث يخشى من تهايل الأتربة ناتج الحفر يستعان بجوانب من الخشب لمنع هذا التهايل وحرصا على سلامة العاملين . وتعتبر ميول جوانب الحفر أثناء العمل كافية إذا قل عمق الحفر عن مجموع قاعدتى قطاع الحفر وعادة يكون ميل ¾ : ١ كافيا لذلك .

وتوضع وصلات مواسير المصرف أقرب مايكون نهاياتها بعضها للبعض إذ يكتفى بدخول المياه خلال المسافات بينها الناتجة عن خشونة المصنعية :

وقد صمم كثير من الماكينات الحديثة بحيث تقوم بوضع مواد المرشح حول وتحت خط المصرف بسمك من ٢ بوصة إلى ٣ بوصة، ويحتاج إلى ٢ قدم مكعب، لكل مائة ياردة طولية من المصرف ذو حجم ٤ بوصة، كما يحتاج إلى ٢,٥ قدم مكعب لكل مائة ياردة طولية من المصرف ذو حجم ٦ بوصة ؛ وإلى ٣,٠ قدم مكعب لكل مائة ياردة طولية من المصرف ذو حجم ٨ بوصة، وعادة لا يكلف عمل المرشح حول خطـــوط المصرف أكثر من ١٠٪ من تكاليف إنشاء المصرف ولذلك ينصح باستعماله .

والمعتاد استعمال البلدوزر للردم بعد إنشاء خطوط المصرف كوسيلة رخيصة، إلا فى حالة عدم استعمال المواد المرشحة حول الوصلات وذلك خوفا من زحزحة المواسير عن مكانها، وفى هذه الحالة يردم باليد بمقدار كاف فوق المواسير ثم يستعمل البلدوزر لتسوية سطح التربة . ويفضل أن تروى الأرض أولا حتى يتم ثبات

الجزء فوق المصرف بعناية وخوفا من انسداد المصارف نتيجة تسرب أى أتربة مع المياه .

ويحسن إبقاء بدايات المصارف فترة دون ردم بعد التنفيذ إذ كثيرا ماينتج أن تسد مواسير الصرف بالأتربة مباشرة بعد ردمها ، وفى هذه الحالة يمكن إمرار مياه تحت ضغط كاف لغسيل مثل هذه المصارف فى هذه البدايات ، وإذا استمر المصرف فى عمله عاما أكثر بعد إنشائه فإنه نادرا حدوث انسداد به بعد ذلك .

وقد اتضح أنه من أسباب فشل شبكة الصرف المغطى فى القيام بمهمتها الآتى:

١ - نقص أو قلة الصيانة اللازمة والتفتيش على الشبكة بحالة مستمرة ،

٢ - التصميم الهندسى الغير سليم ،

٣ - سوء التنفيذ ،

٤ - سوء الصناعة والمواد المستعملة و

٥ - بناء التربة .

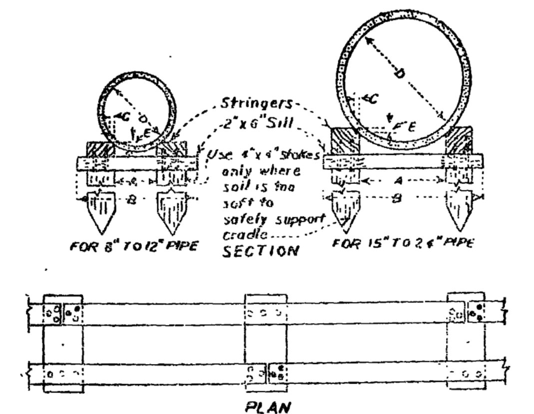
ثبات قاع المصرف تحت المواسير

Stability of Drainage bed.

لتنفيذ خطوط الصرف مطابقة للمواصفات والتصميمات الهندسية يفضل دائما أن يكون مجرى الحفر جافا ثابتا كشرط لوضع مواسير المصارف المغطاة . إذ أن خروج أى وصلة من مكانها أو من تخطيطها أو من انحدارها معناه فقد باقى خط المصرف لفعاليته . وأسهل الطرق وأكثرها اقتصادا للتثبيت هى إضافة زلط تحت خط الانحدار مما قد يحتاج إلى زيادة الحفر فى بعض الأوقات ليتماقد يعوض الزلط فى المواد الناعمة فى بعض الحالات . وعادة فإن الحفر حتى منسوب الفلتر

حول المواسير يكون كافيا . كذلك قد يكون خليط من الرمل والزلط كافيا للتشييد .

وفى حالة عدم ثبات التربة تحت المواسير تستعمل ألواح خشبية حيث يثبت اثنان متوازيان منها على بعد كاف بعوارض خشبية وخوازيق أو أوتاد كما هو



شكل ١٨٥ : تثبيت قاع المصرف باستعمال الألواح الخشبية .

موضح بالشكل لمنع تفككها وللمحافظة على المسافات بينها حيث يوضع المصرف فوقها .

ويوصى باتباع الآتى فى حالة الرمال الناعمة المشبعة بالمياه (Quicksand) :

١ ـ تنفيذ المصارف أثناء أكثر الفصول جفافا ،

٢ تستعمل أجود وأحسن أنواع المصارف كما تتبع أدق المواصفات لانتقاء مواسيرها ،

٣ - تستعمل انحدارات أكبر من ٤ر٠ ٪ ،

٤ - توضع خطوط المصارف بأسرع ما يمكن قبل السماح بهبوط أى أجزاء بها ،

٥ - يردم فوق المصارف مباشرة بالوابط أو أى مواد خشنة و

٦ - يكمل الردم فوق المصارف قبل انهيار أى جزء من جوانب الحفر .

أسئلة على الباب الرابع

١ - أكمل العبارات الآتية :

أ - تنفذ المصارف المغطاة سواء ...... أو ...... و ...... أو ......
و .. ... من أجل ......

ب - يتأثر سلوك ومنسوب الماء الأرضى فى المساحات المروية بـ......
و ...... كما يتأثران بـ .... مثل ...... و ...... و ...... و ......

٢ - قارن بين المصارف المغطاة والمكشوفة مبينا مزايا وعيوب كل نوع .

٣ - ماهى الأنواع المختلفة لمجارى ومواسير الرى ؟

٤ - كيف تحدد أطوال وصلات مواسير حقل ما؟ وكيف تحدد الفواصل بينها؟

٥ - ماهى أنواع الاختبارات التى تجرى على مواسير الصرف كى تؤدى عملها
على الوجه الأكمل ؟

٦ - من أين تدخل مياه الصرف إلى المصارف المغطاة وكيف تسير فيها ؟

٧ - أذكر خمسة أنواع مختلفة من وصلات مواسير المصارف المغطاة ؟

٨ - مافائدة تغطية وصلات مواسير الصرف بمواد مرشحة ؟

٩ - اشرح احتياجات المرشحات .

١٠ - اشرح مع ذكر المعادلات اللازمة كيف تحدد حجم المرشحات؟ وماهى
المواد المستعملة كمرشحات فى مصر ؟

١١ - أكمل العبارة الآتية :

يعتمد تخطيط المصارف المغطاة على ...... و ...... فى حالة الاراضى

الصودية يحسن أن ...... حتى لا يسبب الحفر والردم ...... وكذلك يعتمد وضع المصارف على ...... وعلى ......

١٢ - ماهي الأعمال الواجب إجراؤها من أجل تنفيذ مشروع للصرف المغطى ؟

١٣ - أذكر ما تعرفه عن التخطيط المتقابل والتخطيط المتبادل للمصارف المغطاة ؟

١٤ - ارسم تخطيطا طبيعيا لشبكة من المصارف المغطاة فى منطقة غير مستوية السطح .

١٥ - ماهو تخطيط هيكل السمكة للمصارف المغطاة ؟ وضح برسم تفصيلى .

١٦ - متى تستعمل طريقة المجمعين وطريقة الشبكة لتخطيط المصارف المغطاة ؟

١٧ - أكمل العبارات الآتية :

(أ) يفضل ألا تزيد أطوال الخطايات عن ...... متر فى الأراضى ...... كما يجب الا يتعدى طولها ...... حتى ...... وفى حالة الاضطرار إلى زيادة الطول إلى ...... يعدل ميلها ...... كما تعمل ......

(ب) يجب ألا يزيد طول المجمع الرئيسى عن ...... وألا يزيد قطر مواسيره عن ...... حتى ......

(حـ) يجب أن يبعد المجمع الرئيسى عن أقرب خط للأشجار ......

١٨ - مافائدة المصارف القاطعة ومتى تستخدم ؟

١٩ - ارسم كروكيا لمنحنى اتصال بمصرف حقلى قائم على مصرف مجمع .

٢٠ - ضع علامة ✓ (صحيح) أو × (خطأ) أمام كل من العبارات الآتية :

أ) اتجاه مسار المياه فى الترع والمساق مضاد لمسار المياه فى المصارف ،

ب) من الضرورى أن تكون المسافة بين الحقليات واحدة حتى إذا اختلفت طبيعة التربة ،

حـ) توضع المصارف فى المناطق العالية بينما توضع مجارى الرى فى المناطق المنخفضة ،

د) تتصل الحقليات بالمصرف المجمع بحيث تعمل زوايا منفرجة .

٢١ ـ ماهى الخنادق الرشاحة ومتى تستعمل ولماذا ؟

٢٢ ـ أذكر بإيجاز كيف حسب وسلنج ، ويجك أقصى عمق للصرف. وعلى أى أساس بنيا حساباتهما ؟

٢٣ ـ ماهو تأثير البخر على عمق المصارف ؟ وضح برسم بيانى تقريبى .

٢٤ ـ ما هى أهم العوامل التى تؤثر على حركة المياه أو تدفقها إلى مواسير الصرف وبالتالى تؤثر على إيجاد المسافات بينها ؟

٢٥ ـ استنبط القانون التقريبى لتحديد المسافة بين المصارف مستعينا برسم كروكى .

٢٦ـ أذكر أسماء عشرة علماء وباحثين درسوا المسافات بين المصارف المغطاة. وعلى أى أساس كانت دراساتهم ؟

٢٧ ـ كيف تحدد تصرف مصرف ما أو معامل الصرف لمساحة ما بالطرق الآتية :

أ ـ طريقة وزارة الرى المصرية ،

ب ـ « مكتب الاستصلاح الأمريكى للتصرف من الرشح العميق ،

حـ ـ طريقة مكتب الاستصلاح الأمريكى للتصرف من رشح مناطق مرتفعة مجاورة و

د ـ التصرف نتيجة مياه الرى أو الأمطار مسببة ارتفاع الماء الأرضى .

٢٨ـوضح طريقتين لتحديدمساحة قطاع مصرف بجمع بالمعادلات وأخرى باستعمال نوموجرام ورابعة باستعمال رسم بيانى .

٢٩ ـ اشرح باختصار أربعة ماكينات تستعمل لإنشاء المصارف المغطاة .

٣٠ ـ ماهى مزايا تنفيذ مواسير الصرف الترموبلاستك بالماكينات ؟

٣١ ـ ماهى غرف التفتيش ومتى تستعمل ؟ اشرح برسم مفصل .

٣٢ ـ ارسم ستة رسومات توضيحية لبعض الأعمال الصناعية اللازمة لشبكة الصرف المغطى واشرح بإيجاز فائدة وعمل كل منها .

٣٣ ـ ارسم ثلاثة أنواع لمصبات المصارف ـ متى يستعمل كل منها ؟

٣٤ ـ أكتب قانون بوتسيلية لتحديد السرعة فى الحقليات بمعرفة طول الحقلى والفرق بين منسوب بدايته ونهايته .

٣٥ ـ ماذا يتبع بالنسبة للانحدار فى الأراضى المنبسطة والأراضى ذات السطح المنحدر .

٣٦ ـ ضع علامة ✓ (صح) أو × (خطأ) أمام كل عبارة من العبارات الآتية :

أ) يوضع مصب الحقلى أعلى من مبدئه بحوالى ٢٥ سم على الأقل فى الأراضى المنبسطة .

ب) يجب أن يكون انحدار المجمعات تنازليا أى يجب أن يقل الانحدار كلما زاد حجم المصرف و

حـ) يعطى أقل انحدار لمصارف الحقل فى حالة التخطيط الطولى ويعطى أكبر انحدار فى حالة التخطيط العرضى .

٣٦ - أكمل العبارات الآتية :

أ) يراعى فى جميع الانحدارات التى تبلغ أقل من ...... ٪ استعمال فروع مستقيمة ،

ب) أقل انحدارات فى الأراضى الطينية للمصارف قطر ٤ بوصة هو ...... ٪ ،

ح) أقل انحدار فى الأراضى الرملية للمصارف قطر ٤ بوصة هو ...... ٪ و

د) أقل انحدار المجمعات هو ...... ٪ للأقطار حتى ١٢ بوصة و ...... ٪ للأقطار من ١٢ بوصة وأكبر .

٣٨ - ماهى مصارف الحفار وماهى مزاياها وعيوبها ؟

٣٩ - يعتمد عمر مصارف الحفار على ستة عوامل . أذكر أربعة منها .

٤٠ - ارسم العلاقة بين تكاليف المصارف المغطاة للفدان الواحد والتكاليف للمتر الطولى لكل مسافة معينة بينها .

٤١ - ماذا يتبع عند تنفيذ ووضع المصارف المغطاة ؟

٤٢ - ماذا تعرف عن ثبات قاع المصرف تحت المواسير ؟

الباب الخامس

الصرف الرأسي أو الآبار

مقدمة :

في هذا النوع من الصرف تدق مواسير رأسية - واحدة لكل ميل مربع تقريبا - حيث يركب عليها مضخات لنزح المياه الجوفية من باطن الأرض. ومن أعماق بعيدة محدثة هبوط منسوب الماء الأرضي العالي. وتُصرف هذه المياه إلى المصارف العمومية إن لم يمكن الاستفادة منها في الري حيث أولوية استخدام مياه الصرف للأراضي الآتية :

١ - الأراضي الرملية التي بها نسبة عالية من السلت ،

٢ - الأراضي التي تحتوي على نسبة عالية من أملاح الكلسيوم كالجبس وكربونات الجير و

٣ - الأراضي التي بها نسبة عالية من الأملاح والتي يراد استصلاحها . .

والمعروف أن تكاليف الصرف الرأسي قليلة في البداية إلا أنها عالية إذا حسبت على المدى الطويل ، ولذلك قد لاينصح باستعمال الصرف الرأسي إلا إذا كانت تكاليف الصرف المغطى عالية جدا ، أو إذا كانت المناطق المراد صرفها يصعب توصيلها إلى المصارف العمومية ، وبالتالي تكون تكاليف الصرف الرأسي أرخص نسبيا من تكاليف الصرف المغطى . ويحسن أن تكون طبقات التربة السفلى التي تدق إليها المواسير الرأسية مكونة من طبقات رمل أو زلط أو كلاهما معا .

وقد تكون الآبار فى بعض الأحيان الوسيلة الوحيدة الميسورة للصرف ومثال ذلك فى حالة وجود طبقات صماء ضحلة تمنع الصرف السطحى وتحت السطحى ، كما قد يضطر الأمر كثيرا إلى استعمال آبار التخفيف أو التفريج (Relief wells) كوسيلة ليس لها بديل للصرف .

الأغراض التى يحققها الصرف الراسى :

١ ـ أغراض علاجية مؤداها خفض مستوى الماء الأرضى إذا كان مرتفعا ،

٢ ـ أغراض وقائية وتنحصر فى المحافظة على مستوى الماء الأرضى عند حد معين فى الأراضى ذات مستوى الماء الأرضى المنخفض و

٣ ـ التخلص من مياه الرى الزائدة فى فترة قصيرة قبل حـــدوث أى ضرر للنبات .

الشروط الواجب توفرها لاستخدام الصرف الراسى:

١ ـ يجب أن يكون عمق خزان المياه الارضية أو الطبقات الحاملة للمياه عميقة بدرجة كافية ومكونة من طبقات متجانسة بقدر الإمكان بحيث لايقل هذا العمق عن ١٠ متر تقريبا ،

٢ ـ يجب أن تكون المسامية خلال الطبقات المراد صرفها كبيرة بدرجة تسمح بسرعة سحب المياه بواسطة الطلبيات بمعنى أن يكون معامل الإمرار (T) (Transmissivity coefficient) حوالى ١٠٠ متر مربع فى اليوم ، ومعامل الإمرار يساوى معامل التوصيل الهيدروليكى مضروبا فى عمق الخزان الأرضى،

٣ ـ يجب أن يكون منسوب المياه الأرضية فى الطبقات العميقة حرا حتى لايكون هناك أى حركة لأعلى قد تزيد من تكاليف الرفع ، كما يجب أن تكون

المياه متصلة بالمياه الأرضية فى الطبقات القريبة من سطح الأرض بمعنى عدم وجود طبقات ماء أرضى معلق (Perched water table) فى الطبقات السطحية وإلا تدق مواسير رأسية تصل بين المياه (آبار تحتية Down wells) ،

٤ - يجب ألا تتسبب التربة أو المياه فى تآكل المواد المصنوع منها أجـــزاء البئر وملحقاته ،

٥ - يجب دراسة مدى إمكان استعمال المياه للرى وللأغراض المدنية والصناعية الأخرى بجانب الصرف، وكذلك يجب دراسة مدى تداخل المياه المالحة وأثرها،

٦ - قدرة البئر على الاحتفاظ بعمق مناسب لمستوى الماء الأرضى يتوقف على التصميم من حيث العمق والقطر وطول المصافى وتصميم ووضع الفلتر الزلطى حول البئر وتنظيم مجموعة الآبار و

٧ - كمية المياه المرفوعة بالطلمبات ومدى تأثيرها على تسرب المياه من القنوات ومجارى المياه المجاورة وتكاليف الإنشاء والصيانة .

وبالنسبة للأراضى المصرية فإن الطبقة الرسوبية السطحية يصل سمكها من ثمانية أمتار إلى أحد عشر مترا، وهى ذات نفاذية بطيئة جدا يليها طبقات من الرمل والحصى عالية المسامية . وغالبا يتسبب ارتفاع منسوب مياه النيل خلف القناطر والترع فى ارتفاع منسوب الماء الأرضى كما هو الحال فى جنوب الدلتا وبعض المناطق بوادى النيل، لذلك فإنه لاشك أن الصرف الرأسى هو وسيلة نموذجية لمثل هذه المساحات، لاسيما فى المناطق التى يصعب توصيلها إلى المصارف العامة . . ت يحقق الصرف الرأسى المحافظة على مستوى الماء الأرضى عند المستوى المناسب،

كما أنه قد يحقق الحصول على مصدر هام من المياه الأرضية قد يصل إلى مليار متر مكعب تضيع سنويا فى البحر.

العوامل التى تؤثر على اقتصاديات الصرف الرأسى :

١ - اختيار الطلمبات التى تفى باحتياجات خفض منسوب الماء الأرضى المطلوبة مع مراعاة العلاقة بين حجم وعدد الطلمبات ،

٢ - تكاليف إنشاء الآبار ،

٣ - تحديد مدة إدارة الطلمبات وتكاليف إدارتها ،

٤ - طريقة سداد تكاليف الإنشاء مع اعتبار الصيانة والتأمين واستغلال الطلمبات ،

٥ - احتمال استعمال المياه المرفوعة فى الرى مباشرة أو بعد خلطها بمياه رى سطحية أو مياه مصارف وحساب العائد من استعمال هذه المياه .

أنواع الآبار الرأسية

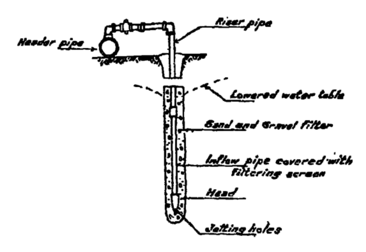
تنقسم الآبار الرأسية إلى الأنواع الآتية :

١ - آبار رأسية ترفع منها المياه بالطلمبات :

وقد يصل العمق المطلوب رفع المياه منه إلى ١٠٠ متر أو أكثر حيث تعتمد على مسامية طبقات التربة المختلفة التى تتسرب منها المياه إلى البئر . وعادة تكون جميع هذه الطبقات - وحتى قرب سطح الأرض - مشبعة بالمياه المراد التخلص منها بالصرف ، ويوضع بئر لكل ميل مربع تقريبا ، وقد تستخدم مياه الصرف للرى إذا كان نوع هذه المياه صالحا وقد تخلط بمياه أكثر عذوبة . ويمكن تقسيم هذه الآبار حسب عمقها كالآتى :

١ - آبار غير عميقة (Well Points) :

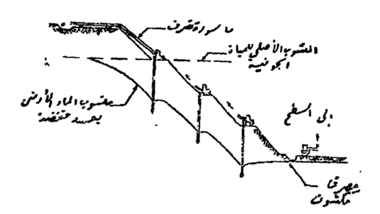
وبها يمكن خفض مستوى الماء الأرضى إلى عمق من ٥ إلى ١٠ متر فى منطقة البئر . ويتكون البئر من أنبوبة ذات ثقوب بطول حوالى متر وقطر ١½ بوصة. وهذه الأنبوبة مغطاة بشبكة معدنية لمنع دخول حبيبات التربة إلى البئر وتوصل



شكل ١٨٦ : تفاصيل تركيب البئر الغير عميق.

هذه الأنبوبة بماسورة رأسية قطرها ١½ - ٢ بوصة تسمى الماسورة الرافعة (Riser pipe) حيث توصل الأخيرة بأخرى أفقية كى توصل بالرأس (Header pipe) ذات قطر ٦ - ١٠ بوصة ، حيث توصل بمضخة لسحب المياه .

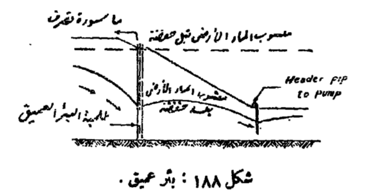
وإذا زاد عمق الحفر عن ٥ متر تحت منسوب الماء الأرضى فإنه يمكن تنفيذ هذا النوع من الآبار على عدة مراحل حيث يدق البئر فى الأرض قبل حفر الخمسة أمتار التالية ، لاسيما فى حالات انحدار سطح الأرض كثيرا كما هو موضح بالشكل . وتسمى هذه الطريقة آبار ذات عدة مراحل (Mutiple-stage setup).



شكل ١٨٧ : آبار غير عميقة متعددة المراحل .

٢ - آبار عميقة (Deep wells) :

كثيرا ما تؤدى طريقة الآبار ذات عدة مراحل إلى انهيار جوانب الحفر أو عدم ثباتها فى حالة مناسيب الماء الأرضى العميقة نتيجة وجود ميل هيدروليكى كبير قرب البئر ، لذلك يفضل عمل آبار أكبر قطرا أو مجهزة بطالبات خاصة بالأعماق الكبيرة كما فى الشكل :



شكل ١٨٨ : بئر عميق .

وتتكون هذه الآبار من مواسير مخرمة يتراوح قطرها من ٦ - ٢٤ بوصة توضع فى الطبقات المسامية للتربة وتوصل بمواسير رأسية عادية فى الطبقات العليا

حتى سطح الأرض ، ويركب على هذه الآبار طلمبات إما فوق سطح الأرض وإما قرب قاع البئر ، وتصرف هذه الآبار قد يصب فى نظام الرى لاستعمال المياه للرى أو قد يلقى للتخلص منها نهائيا ، وتنشأ هذه الآبار فى وجود خزانات جوفية كبيرة السمك وحيث تأثير البئر فعال .

ب - آبار تحتية (Down wells) :

وهى آبار لنقل المياه من الطبقات الأرضية القريبة من سطح الأرض إلى خزان المياه الأرضية تحتها الذى ترتفع منه الميـــاه بالمضخات . وتستخدم لهذا الغرض مواسير مخرمة بكامل طولها . وقد استعملت هذه الآبار بمنطقة ترلوك (Turlock) فى كاليفورنيا.

ج - آبار الشحن (Recharge wells) أو الآبار المقلوبة(Inverted wells):

وفيها تلقى المياه من المصارف المختلفة الحجم إلى طبقات عميقة نفاذة يفصلها عن الطبقات السطحية أخرى ذات نفاذية أقل أو غير نفاذة (Aquiclude)، ولابد للطبقات النفاذة أن تقبل كميات المياه التى ستلقى بالبئر إما بخزنها فيها أو بحملها إلى مصبات بعيدة. ومثال ذلك طبقات البازلت المكسر أو الحجر الجيرى ذو التجويفات الكبيرة أو طبقات الرمل الخرش والزلط المحدودة الفائدة . ومن الضرورى إزالة أى مواد معلقة من مياه المصرف قبل دخولها البئر حتى لا تسد مسام طبقات خزان المياه قرب مصافى البئر وبالتالى تقلل تدريجيا من فعاليته . ولذلك فإن عمر البئر يتناسب مع كميـــة المواد المعلقة . كذلك يجب التأكد أن الصرف بهذه الطريقة لن يؤدى إلى ارتفاع كبير أو سريع لمستوى الماء الأرضى. ولا تكفى هذه الآبار للصرف بل هو مجرد وسيلة للتخلص من مياه الصرف . وقد استعملت هذه الآبار فى مشروع ميفيدوكا (Minidoka) بولاية أيداهو

(Idaho) بالولايات المتحدة حيث تنقل المصارف مياه الصرف إلى الآبار التى تنقلها بالتالى إلى الطبقات المسامية (Underlying porous lava rocks) .

هـ ـ آبار تخفيف او تفريغ (Relief wells):

وتنشأ إذا كانت الطبقات الحاملة للمياه الارتوازية قريبة من سطح الأرض ومحصورة بين طبقات بطيئة النفاذية جدا. وفى هذه الطريقة تدق الآبار لتوصيل خزانات هذه المياه تحت الضغط الارتوازى ـ المنخفض عادة ـ إلى المصارف العامة كما هو فى وادى نهر ريوجراند بتكساس ومنطقة توين فولز(Twin Falls) بولاية أيداهو . وقد تنشأ أنفاق أفقية تقريبا خلال الطبقات الحاملة للمياه الارتوازية ، ثم تدق الآبار حتى تصل إلى هذه الأنفاق بعمق قد يصل إلى ٢٥ متر ثم توصل هذه الآبار بالمصارف العامة كما سبق ذكره . وقد يدعو إزالة هذه المياه إلى عمل آبار متقاربة للحد الذى قد يهدم اقتصاديات مشروع الصرف إن لم تستغل المياه للرى، مما يدعو إلى دراسة وبحث دقيقين لتحديد الضغوط وتحديد مواقعها ومقدار انخفاضها ومداها والتحرى عن ذلك جيدا .

هـ ـ آبار باكية Weeping wells :

وتنشأ إذا كانت الطبقات الحاملة للمياه الارتوازية على أعماق بعيدة ولكنها عالية المسامية بالنسبة للطبقات التى تعلوها والقليلة المسامية . ويساعد على رفع المياه من هذه الآبار طلمبات إذا لم يكن الضغط الارتوازى بالقدر الكافى لتوصيلها إلى سطح الأرض أو أكبر من عمق هذه المياه . وهى تشبه إلى حد كبير الآبار التى ذكرت تحت (أ) غير أن عمق الرفع منها أقل . وقد يزيد الضغط الارتوازى للدرجة التى يمكن معها الاستغناء عن الطلمبات كما فى وادى كاش (Cache) بأيداهو .

دراسة احتياجات تصميم آبار الصرف :

يلزم لهذه الدراسة :

١ ـ تحديد أقل عمق لمنسوب المياه الأرضية ينبغى الاحتفاظ به أثناء نمو النبات ،

٢ ـ الزمن اللازم لهبوط منسوب المياه إلى العمق المطلوب ،

٣ ـ المدة التى يظل خلالها منسوب المياه الأرضية أعلا من الحد الأدنى للعمق المحدد للصرف ،

٤ ـ عدد وترتيب مجموعات الآبار ،

٥ ـ عمق البئر وقطره ،

٦ ـ خواص الطبقات الحاملة للمياه الأرضية وأبعادها وعمقها .

وعادة تجرى بعض التجارب على آبار تجريبية داخل منطقه الدراسة لتقدير درجة تأثير بئر واحد ـ بعيدا عن تأثير الآبار المجاورة ـ على مناسيب المياه الأرضية والسطحية ، مع العناية بتقدير التقلبات الموسمية لمنسوب المياه السطحية والتأثير المحلى لكل رية عليها، ثم تقدير الفترات التى يلزم فيها استخدام الطلبات، ثم يلى ذلك محاولة إيجاد الحلول التحليلية أو البيانية فى حالات التدفق المنتظم وغير المنتظم.

تقسيم الخزانات الأرضية :

تنقسم خزانات المياه الأرضية من حيث طريقة استغلالها إلى :

طريقة منفردة : حيث يعتمد عليها كلية للرى كما هو فى كاليفورنيا بأمريكا والواحات المصرية بالصحراء الغربية ،

طريقة مزدوجة : حيث تساعد خزانات المياه مجارى المياه السطحية كما هو فى دلتا النيل .

كذلك تنقسم خزانات المياه الأرضية من حيث جيولوجيتها إلى :

خزانات مغلقة أو محدودة أو محصورة وخزانات مفتوحة أو غير محصورة وخزانات شبه مغلقة أو نصف مغلقة أو نصف محصورة .

وتنحصر إمكانيات الخزانات الجوفية لإمداد المياه بأمان وبصفة مستمرة فى الآتى :

١ - اعتبار الخزان مجرى مائى يسير فيه تصرف محدد يمكن سحب تصرفات معينة منه، وهى التى تمر فى هذا الخزان من مواقع التغذيات إلى مواقع المصبات وهنا يجب سحب التصرفات التى غالبا ما تذهب سدى إلى البحر .

٢ - فى حالة الخزانات الجوفية المفتوحة تستغل الدورة الطبيعية للملء والتفريغ بين أوطى وأعلى منسوب فى هذا الخزان كأى خزان مياه سطحى ، ويمكن زيادة سعة الخزان بالطرق الصناعية كما فى الأطراف الصحراوية من خـــزان دلتا النيل الجوفى .

٣ - فى حالة الخزانات المغلقة أو شبه المغلقة فإن كميات المياه به تزيد عن التصرف الطبيعى المـــار خلال مسامه وتتحدد بعد دراسة قابليته للمرونة (Elasticity) .

العلاقات بين منسوب الماء الأرضى وتصرف البئر ومعامل التوصيل الهيدروليكى

اولا — حالة خزان أرضى محدود او مغلق او محبوس (Confined aquifer) :

يقصد بالخزان الأرضى المحدود الخزان الذى فيه المياه الأرضية ليس لها سطح حر ، وفى هذه الحالة تكون المياه محكومة بوجود ضاغط هيدروليكى (Hydraulic head) وتكون جميع حدود (Boundaries) الخزان إما خطوط انسياب المياه (Steam lines) أو خطوط متساوية الجهد (Equipotential lines) ولإيجاد تصرف البئر فى هذه الحالة فإنه يمكن اعتبار أن سير المياه إلى البئر فى خطوط قطرية (Radial flow) كما هو واضح بالشكل ١٨٩ . ويمكن الحصول على تصرف البئر بمتابعة المعادلات الآتية :

كمية المياه التى تخترق أسطوانة ذات نصف قطر (r) وبارتفاع يساوى الوحدة $= Q_1$

$Q_1 =$ المساحة $\times$ السرعة $=$

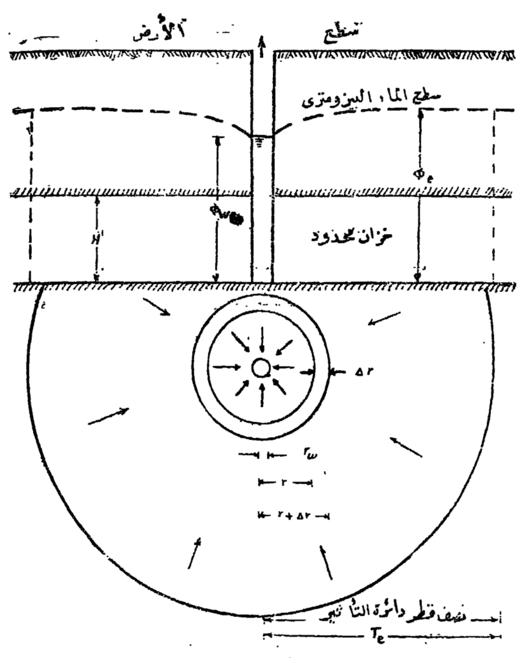
$=$ محيط الدائرة $\times$ الارتفاع $\times$ السرعة .

أى أن :

$$Q_1 = 2\pi r \times 1 \times V_r = 2\pi r V_r \qquad [140]$$

بينما كمية المياه التى تخترق الأسطوانة ذات نصف قطر يساوى $(r + \Delta r)$ وارتفاع يساوى الوحدة هى Q_2 :

$$Q_2 = 2\pi (r + \Delta r) \cdot V_{r+\Delta r} \qquad [141]$$



شكل ١٨٩: البئر ودائرة تأثيره فى حالة خزان أرض محدود.

وذلك باعتبار أن السرعة عند الأسطوانة ذات نصف قطر $(r + \Delta r)$ يساوى $(V_{r+\Delta r})$.

ولكن :

$$V_{r+\Delta r} = V_r + \frac{d V_r}{dr} \cdot \Delta r \qquad [142]$$

وبذلك تصبح المعادلة ١٤١ :

$$Q_2 = 2\pi (r + \Delta r) \left(V_r + \frac{d V_r}{dr} \cdot \Delta r\right) \qquad [143]$$

ولكن كمية المياه (Q_1) المارة من الأسطوانة ذات نصف قطر (r) هى نفس كمية المياه (Q_2) المارة من الأسطوانة ذات نصف قطر $(r + \Delta r)$ تساوى (Q) :

$$\therefore\ Q = 2\pi r V_r = 2\pi (r + \Delta r) \left(V_r + \frac{d V_r}{dr} \cdot \Delta r\right)$$

$$= 2\pi r V_r + 2\pi \cdot \Delta r \cdot V_r + 2\pi r \Delta r \frac{d V_r}{dr}$$

$$+ 2\pi (\Delta r)^2 \frac{d V_r}{dr} \qquad [144]$$

أى أن :

$$2\pi \cdot \Delta r \left(V_r + \frac{d V_r}{dr} + \Delta r \frac{d V_r}{dr}\right) = 0$$

أو

$$V_r + r \frac{d V_r}{dr} + \Delta r \frac{d V_r}{dr} = 0 \qquad [145]$$

ولكن الكمية ($\frac{d V_r}{dr} \Delta r$) ضئيلة جدا ويمكن إهمالها

$$\therefore \quad V_r + r \frac{d V_r}{dr} = 0 = \frac{d(r \cdot V_r)}{dr} \qquad [146]$$

ومن قانون دارسى (أنظر الشكل) :

$$V = K \cdot i = K \frac{d\phi}{dr} \qquad [147]$$

$$\therefore \quad \frac{d\left(r \cdot K \frac{d\phi}{dr}\right)}{dr} = 0$$

$$= K \cdot \frac{d\left(r \frac{d\phi}{dr}\right)}{dr} = 0$$

أو

$$\frac{d\left(r \frac{d\phi}{dr}\right)}{dr} = 0 \qquad [148]$$

ومن ذلك يكون :

$$d\left(r \frac{d\phi}{dr}\right) = dr \times 0 = 0 \qquad [149]$$

وبإجراء التكامل للمعادلة الأخيرة نجد أن :

$$r \frac{d\phi}{dr} = \text{constant} = C$$

أو

$$d\phi = C \cdot \frac{dr}{r} \qquad [150]$$

وبإجراء التكامل ثانية :

$$\int d\phi = \int C \frac{dr}{r}$$

أى أن :

$$\phi = C \ln r + D \qquad [151]$$

حيث (D) مقدار ثابت آخر.

ولتحديد قيمتى (C ، D) نعوض فى المعادلة ١٥١ كالآتى :

عندما تكون :

$$r = r_w$$

فإن :

$$\phi = \phi_w$$

كما هو واضح بالشكل .

$$\therefore \quad \phi_w = C \ln r_w + D \qquad [152]$$

كذلك عندما تكون :

$$r = r_e$$

فإن :

$$\phi = \phi_e$$

$$\phi_e = C \ln r_e + D \qquad [153]$$

وبطرح المعادلة ١٥٢ من المعادلة ١٥٣ :

$$\phi_e - \phi_w = C\left(\ln\ r_e - \ln\ r_w\right) = C\ \ln\left(r_e / r_e\right)$$

ومنهـــا :

$$C = \frac{\phi_e - \phi_w}{\ln\left(r_e / r_w\right)} \qquad [154]$$

وبالتعويض عن قيمة (C) فى المعادلة ١٥٢ :

$$\phi_w = \left\{\frac{\phi_e - \phi_w}{\ln\ \left(r_e / r_w\right)}\right\} \ln\ r_w + D$$

ومنهـــا :

$$D = \phi_w - \left\{\frac{\phi_e - \phi_w}{\ln\ \left(r_e / r_w\right)}\right\} \ln\ r_w \qquad [155]$$

وبالتعويض عن قيمتى (C ، D) فى المعادلة ١٥١ فإن :

$$\phi = \left\{\frac{\phi_e - \phi_w}{\ln\ \left(r_e / r_w\right)}\right\} \ln r + \phi_w - \left\{\frac{\phi_e - \phi_w}{\ln\ \left(r_e / r_w\right)}\right\} \ln\ r_w$$

$$= \left\{\frac{\phi_e - \phi_w}{\ln\left(r_e / r_w\right)}\right\} \left(\ln\ r - \ln\ r_w\right) + \phi_w \qquad [156]$$

$$= \left(\frac{\phi_e - \phi_w}{\ln\ \left(r_e / r_w\right)}\right) \left(\ln\ r / r_w\right) + \phi_w \qquad [157]$$

وبإجراء التفاضل بالنسبة لـ (r) للمعادلة ١٥٦ :

$$\frac{d\phi}{dr} = \left(\frac{\phi_e - \phi_w}{\ln (r_e / r_w)}\right) \cdot \frac{1}{r} - 0 + 0 \qquad [158]$$

وبالتعويض عن قيمة $\frac{d\phi}{dr}$ فى المعادلة ١٤٧ :

$$V = K \frac{d\phi}{dr} = K \left(\frac{\phi_e - \phi_w}{\ln (r_e / r_w)}\right) \cdot \frac{1}{r} \qquad [159]$$

ومن المعادلة ١٥٩ يمكن إيجاد (V_w) كالآتى :

$$V_w = K \left(\frac{\phi_e - \phi_w}{\ln (r_e / r_w)}\right) \frac{1}{r_w} \qquad [160]$$

وبالتالى يمكن إيجاد قيمة (Q) أى تصرف البئر لوحدة الارتفاع كالآتى :

$$Q = 2\pi \, r_w \, V_w = 2\pi \left(\frac{\phi_e - \phi_w}{\ln (r_e / r_w)}\right) \qquad [161]$$

كذلك يمكن إيجاد تصرف فى البئر الخزان الأرضى المحدود (Q_T) وهو كالآتى بفرض أن عمق الخزان الأرضى (H) :

$$Q_T = 2\pi K H \left(\frac{\varphi_e - \varphi_w}{\ln (r_e / r_w)}\right) \qquad [162]$$

ويراعى ضرورة عمل ثقوب رأسية بالطبقة العليا لتوصيلها بالطبقة السفلى العالية المسامية وملء هذه الثقوب بمواد عالية المسامية مثل الزلط، وذلك لتوصيل المياه الأرضية فى الطبقة العليا بالمياه فى الخزان المحدود .

ا ـ ويمكن تحديد معامل التوصيل الهيدروليكى للطبقات الحاملة للمياه فى هذه الحالة كما هو مبين فى المثال الآتى :

إذا فرض أن :

Q_T = ٧٥٠٫٠٠ م٣/ساعة

$(\Phi_e - \Phi_w)$ = ٦٫٢٥ متر

H = ٣٧٫١٠ متر

r = ٥٠٠٫٠٠ متر

r_w = ٠٫١٥ متر

$$٧٥٠ \times ٢٤ = \frac{٢ \times ٣٫١٤٢ \times K \times ٦٫٢٥ \times ٣٧٫١٠}{٢٫٣٠٣ \times لو \frac{٥٠٠}{٠٫١٥}}$$

$$أى\ أن\ K = \frac{٧٥٠ \times ٢٤ \times ٢٫٣٠٣ \times ٣٫٥٢٢}{٢ \times ٣٫١٤٢ \times ٦٫٢٥ \times ٣٧٫١٠}$$

= ١٠٠ متر / يوم

ويمكن تصحيح قيمة K بطريقة موسكات (Muskat) إذا كان البئر يخترق الطبقات الحاملة للمياه جزئيا (Partial Penetration) كما سيأتى ذكره .

ب ـ معادلة تود (Todd) فى حالة اختراق البئر جزئيا للخزان الجوفى :

$$Q = \frac{4\pi (\varphi_e - \phi_w)\ K}{\left(\frac{2}{t}\ \ln\ \frac{\pi t}{2 r_w} + \frac{0\cdot20}{H}\right)} \qquad [163]$$

حيث :

H : السمك الكلى للخزان المحصور و

t : طول المصافى المخترقة للخزان .

ثانيا ـ حالة خزان ارضى مفتوح او غير محدود
: (Open or Unconfined Aquifer)

ويقصد بالخزان الغير محدود الخزان الذى يحده من أعلى سطح مائى حر .
ونتناول الآن دراسة حالة انتظام او ثبات تدفق المياه أو انسيابها (Steady flow) بمعنى أن تدفق المياه لا يتغير مع الزمن :

يفترض ديبوى (Dupuit) أنه من الممكن اعتبار أن سير المياه أفقى الاتجاه وأن السرعة تتناسب طرديا مع الميل الهيدروليكى (Hydraulic gradient) .

كمية المياه التى تخترق أسطوانة ذات نصف قطر (r) وارتفاع (h) هى :

$$Q = 2\pi\, r \cdot h \times V \qquad [164]$$

= مساحة محيط الأسطوانة × السرعة =

ولكن السرعة حسب قانون دارسى :

$$V = K \frac{dh}{dr}$$

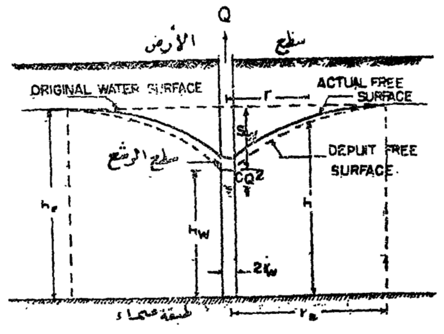
$$\therefore \quad Q = 2\pi\, r\, h \cdot K \cdot \frac{dh}{dr} \qquad [165]$$

وبفصل الحدود التى تحتوى على r :

$$\frac{dr}{r} = \frac{2\pi K}{Q}\, h\, dh \qquad [166]$$

وباجراء التكامل للمعادلة ١٦٦ :

$$\int_{r_w}^{r} \frac{dr}{r} = \frac{2\pi K}{Q} \int_{h_w}^{h_e} h \, dh$$



شكل ١٩٠ : بئر في خزان أرضي غير محدود .

$$\ln (r_e / r_w) = \frac{2\pi K}{Q} \left(\frac{h_e^2}{2} - \frac{h_w^2}{2} \right) = \frac{\pi K}{Q} (h_e^2 - h_w^2)$$

ومنهـــا :

$$Q = \frac{\pi K (h_e^2 - h_w^2)}{\ln (r_e / r_w)}$$

$$= \frac{\pi K (h_w^2 - h_w^2)}{2 \cdot 303 \log (r_e / r_w)} \qquad [167]$$

وبالتعويض عن الهبوط الكلى لسطح المياه داخل البئر :

$$S_w = h_e - h_w \qquad [168]$$

فإن المعادلة تصبح :

$$Q = \frac{\pi K S_w (h_e + h_w)}{2.303 \log (r_e / r_w)} \qquad [169]$$

ومن جهة أخرى فإن (S_w) تتكون من مجموع الفواقد (Losses) فى الطبقة الحاملة للمياه (S_{wa}) وتشمل ارتفاع سطح الرشح مضافاً إليها الفواقد داخل البئر (S_{ww}) أى أن :

$$S_w = S_{wa} + S_{ww} \qquad [170]$$

وحسب القواعد الهيدروديناميكية للمياه الأرضية التى تعتبر أن حركة المياه فى الطبقات الأرضية الحاملة للمياه تخضع للحركة الانسيابية أو حركة السوائل اللزجة (Laminar or viscous flow)، ولذلك فإن الفواقد فى الطبقات الحاملة للتربة (S_{wa}) تتناسب مباشرة مع التصرف، وبذلك يكون هبوط سطح المياه متناسبا مع التصرف كذلك .

أما حركة المياه حول البئر مباشرة وداخله فإنها حسب القواعد الهيدروديناميكية من النوع المعروف بالحركة الدوامية (Turbulent flow) . ولذلك فإن الفواقد فى حركة المياه حول البئر مباشرة تتناسب مع مربع التصرف أو أكثر من ذلك .

١ ـ وتحتوى فواقد البئر عادة الآتى :

١) فواقد نتيجة مرور المياه خلال الغلاف الواطى للبئر ،

٢) فواقد نتيجة مرور المياه خلال فتحات المواسير المخرمة أى خلال مصافى البئر ،

٣) فواقد نتيجة احتكاك المياه بطول جدار البئر أثناء حركة المياه أعلا و

٤) فواقد نتيجة حركة المياه فى اتجاه محور البئر (Axial flow) فى حالة السحب من البئر بواسطة طلمبات الاعماق،أو فى اتجاه المركز (Radial flow) فى حالة السحب بالطلمبات الغاطسة وذلك فى الخلوص (Clearance) بين الطلمبة وجدار البئر . وعلى ذلك فإن :

$$S = S_{wa} + S_{ww}$$

$$= B \cdot Q + C \cdot Q^2 \qquad [171]$$

حيث :

B ، C مقادير ثابتة .

ولذلك نجد أنه فى حالة التصرفات الصغيرة نسبيا يرتبط التصرف المسحوب من البئر بمعادلة من الدرجة الأولى (خط مستقيم) مع الهبوط فى مستوى المياه ، فى حين يبدو فى التصرفات الكبيرة نسبيا أن الهبوط فى مستوى المياه بالبئر يزداد عما سبق ذكره نتيجة لهبوط إضافى يشتد أثره فى التصرفات الكبيرة، ويرتبط فيه التصرف مع الهبوط بمعادلة من الدرجة الثانية (قطع مكافىء Parabola) أو من درجة أعلا من ذلك .

وتسمى حدود التصرفات للآبار التى يظل فيها التصرف متناسبا مع الهبوط فى سطح المياه بها بالطاقة المرنة (Elastic limit) للطبقات الحاملة للمياه .

ويمكن حساب معامل التوصيل الهيدروليكى (K) من المعادلة ١٦٩ كما هو واضح بالمثال الآتى لبئر رقم ٢٦ بصحراء التحرير فى ج ع م :

Q = ٧٤٢ م٣/ساعة ،

h_e = ٥٠ر٤٢ متر ،

r_e = ٥٠٠ متر (فرضا) ،

$S_w = h - h_w$ = ٤ر٢٥ متر ،

h_w = ٤٥ر٩٧ متر و

r_w = ٠ر٢٢٥ متر

$$\frac{Q \times 2.303 \log (r_e / r_w)}{\pi S_w (r_e + h_w)} = K \qquad [172]$$

= (٧٤٢ × ٢٤ × ٢ر٣٠٣ × ٣ر٣٤٧) ÷ (٣ر١٤٢ × ٤ر٢٥ (٥٠ر٤٢ + ٤٥ر٩٧))

= ١٠٧ م / يوم .

وهذا الحساب مبنى على أساس وجود سطح الطبقة الصماء عند أسفل البئر .

ولما كانت الآبار فى معظم الأحوال لا تخترق التربة حتى قاع خزان المياه الجوفية أى يكون اختراقها للخزان الجوفى جزئيا (Partial Penetration) فمن الضرورى تصحيح (K) كالآتى :

ب — تصحيح (K) بطريقة فورشهايمر :

$$\frac{h'^2_e - h^2_w}{h'^2_e - h'^2_w} = \sqrt{\frac{h_w}{t}} \sqrt[4]{\frac{h_w}{2h_w - t}} \qquad [173]$$

حيث :

$h'_e = h =$ سمك الخزان الجوفي أو سمك الطبقات الحاملة للمياه حتى الطبقة الصماء ،

$h_w = h_e - S_w =$ عمق الماء بالبئر بعد السحب في حالة اختراق البئر كليا للخزان الجوفي حتى الطبقة الصماء ،

$h'_w =$ عمق المياه بالبئر بعد السحب في حالة اختراق البئر جزئيا للخزان الجوفي حتى الطبقة الصماء وهي المطلوب حسابها بالمعادلة ١٧٢ ،

r_e : نصف قطر الدائرة الخارجية لتأثير السحب من البئر وتحسب على أساس أنها أربعة مرات h_e و

t : سمك أو طول الفلتر أي المواسير المخرمة من البئر .

وفي المثال السابق إذا أخذنا طول المواسير الفلتر يساوي ٣٠ متر وأخذنا سمك الخزان الجوفي يساوي ٢٥٠ متر فإن :

$$r_e = 4\, h_e = ٤ \times ٢٥٠ = ١٠٠٠ \text{ متر}$$

$$\frac{(٢٥٠)^٢ - (٢٥٠ - ٤٫٢٥)^٢}{(٢٥٠)^٢ - (h'_w)^٢}$$

$$= \sqrt{\frac{(٢٥٠ - ٤٫٢٥)}{٣٠}}\; ٤ \sqrt{\frac{(٢٥٠ - ٤٫٢٥)}{٢\,(٢٥٠ - ٤٫٢٥) - ٣٠}}$$

أو

$$\frac{٦٢٥٠٠ - ٦٠٣٩٣٫٠٦}{٦٢٥٠٠ - (h_w)^٢} = ٢٫٨٨ \times ٠٫٨٥٥$$

$$(h'_w)^2 = ٦٢٥٠٠ - \frac{٢١٠٦٫٨٤}{٢٫٨٨ \times ٠٫٨٥٥} = ٦١٦٤١$$

وتكون h'_w = ٢٤٨٫٢ متر

أى أن الهبوط = ١٫٨ متر

وبذلك تكون:

$$K = \frac{٧٣٢ \times ٢٤ \times ٠٫٠٢٣ \times ٢ \text{ لو } \frac{١٠٠٠}{٠٫٢٢٥}}{٣٫١٤٢ \times ١٫٨ \; (٢٥٠ + ٢٤٨٫٦)}$$

= ٥٤ متر/يوم

(لو $\frac{١٠٠٠}{٠٫٢٢٥}$ = ٣٫٦٤٨)

٥ – تصحيح (K) بطريقة موسكات :

وتتلخص فى الآتى :

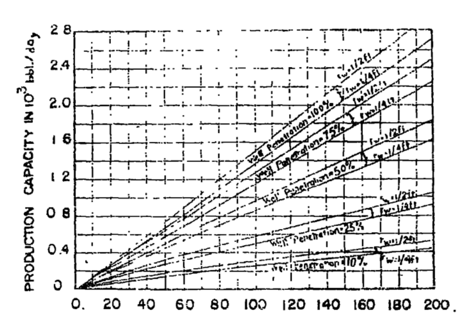
(١) توجد النسبة المئوية لاختراق البئر للطبقة الحاملة ،

(٢) نفترض أن البئر كامل الاختراق لطبقة حاملة للمياه سمكها يساوى عمق البئر ونوجد التصرف له مقدرا بالألف برميل فى اليوم (١ برميل = ١٥٨٫٩٨ × ١٠^3 سم^3 = ٥٫٦١٤٦ قدم مكعب = ٤٢ جالون) ،

(٣) نحصل من منحنيات موسكات على تصرف بئر ذو نسبة اختراق مساوية لتلك التى حسبت فى (١) لطبقة حاملة للمياه سمكها كامل .

(٤) نحسب معامل تصحيح النفاذية = $\frac{(٢)}{(٣)}$ و

(ه) نحسب معامل التوصيل الهيدروليكى مصححا بضرب معامل التوصيل الهيدروليكى الذى حصلنا عليه من المعادلة ١٧٢ مضروبا فى معامل تصحيح النفاذية.



شكل ١٩١ : تصرف الآبار المخترقة جزئيا للطبقات الحاملة للمياه كدالة لسمك الخزان مع اعتبار $r_e = 500$ ft.

د — حساب (K) بطريقة تود (Todd) :

من معادلة تود الآتية فى حالة الآبار ذات الاختراق الجزئى للخزانات الجوفية المفتوحة أو غير المحدودة والتى تأخذ فى الاعتبار أطوال المصافى :

$$h_e - h_w = \frac{Q}{4\pi K}\left(\frac{2}{t}\ln\frac{\pi t}{2r_w} + \frac{0.20}{h_e}\right) \qquad [174]$$

وبحساب المثال السابق نجد أن :

$$S_w = ٢٥٠ - ٢٤٥,٧٥ = \frac{٢٤ \times ٧٤٢}{٤ \times ٣,١٤٢ \times K} \left(\frac{٢}{٣٠} \times ٢,٣٣ \right.$$

$$\left. \text{لو} \frac{٣,١٤٢ \times ٣٠}{٢ \times ٠,٢٢٥} + \frac{٠,٢}{٢٥٠} \right)$$

$$٤,٢٥ = \frac{١٧٨٠٠}{١٢,٥٦٨ \times K} \left(\frac{٢ \times ٢,٣٠٢ \times ٢,٣٢٢}{٣٠} + ٠,٠٠٠٨ \right)$$

$$K = \frac{١٧٨٠٠}{١٢,٥٦٨ \times ٤,٢٥} (٠,٣٥٥ + ٠,٠٠٠٨) = ١٢٠ \text{ م/يوم}$$

هـ — حساب (K) بطريقة بابوشكين (Babushkin) ؛

وهى قاصرة على الخزانات المفتوحة :

$$K = \frac{0.733\, Q}{S_w \left(\frac{t + S_w}{\log (r_e / r_w)} + \frac{t}{\log (0.66\, t / r_w)} \right)} \qquad [175]$$

وبتطبيق المثال نجد أن :

$$K = \frac{٠,٧٣٣ \times ٧٤٢ \times ٢٤}{٤,٢٥ \left(\frac{٣٠ + ٤,٢٥}{\text{لو} \left(\frac{٥٠٠}{٠,٢٢٥} \right)} + \frac{٣٠}{\text{لو} \left(\frac{٠,٦٦ \times ٣٠}{٠,٢٢٥} \right)} \right)}$$

$$= \frac{٠,٧٣٣ \times ٧٤٢ \times ٢٤}{٤,٢٥ \left(\frac{٣٤,٢٥}{٣,٣٤٧} + \frac{٣٠}{١,٩٤٤} \right)}$$

= (٢٤ × ٧٤٢ × ٠,٧٣٣) / (٤,٢٦ (١٥,٤ + ٩,٠٩))

= ١٢٢ متر / يوم

والآن نتناول حالة عدم انتظام او عدم ثبات انسياب المياه (Unsteady flow) :

لما كان سحب المياه من أى بئر يمتد إلى مسافات بعيدة من البئر مع مرور الزمن ومع استمرار السحب ، لذلك فإن معدل انحدار خط الضاغط الهيدروليكى ينقص باستمرار أى أن $\left(\frac{dh}{dr}\right)$ أو $\left(\frac{d\varphi}{dr}\right)$ تتغير مع الزمن وكذلك استنبط تايس (Theis) معادلة تسمى قانون عدم التعادل (Nonequilibrium formula) وهى :

$$S = h_e - h_w = \frac{Q}{4\pi T} \int_{\mu}^{\infty} \frac{e^{-\mu}\, d\mu}{\mu} \qquad [176]$$

حيث :

S : مقدار الهبوط فى سطح المياه فى بئر ملاحظة يبعد مسافة (r) عن البئر المطلوب حساب تصرفه بمعدل ثابت يساوى (Q) فى حالة خزان غير محدود؛ وتساوى الفرق بين منسوب البئر ومنسوب الماء الارضى أو السطح البيزومترى فى حالة خزان محدود ،

Q : التصرف الثابت للبئر و

T : معامل الإمرار (Coefficient of transmissibility)

أو (" " transmissivity)

وتساوى معامل التوصيل الهيدروليكى مضروبا فى عمق الخزان الارضى ،

$$\mu = \frac{r^2 \bar{S}}{4Tt} \qquad [177]$$

حيث :

$\bar{S}$: معامل التخزين (Storage coefficient or storativity) وهو حجم المياه التى تنساب من خزان غير محدود أو التى يختزنها هذا الخزان لمساحة قدرها الوحدة من سطحه ولتغير فى الضغط العمودى على هذا السطح قدره الوحدة. وتساوى ($\bar{S}$) حجم المياه بالقدم المكعب ، التى تنساب من الخزان إذا كان السطح البيزومترى ذو انحدار يساوى قدم واحد . وتكون قيم $\bar{S}$ عادة :

$$0.00005 \leqslant \bar{S} \leqslant 0.005$$

t : الزمن منذ بداية ضخ أو تصرف البئر .

ولحل المعادلة ١٧٦ فإن :

$$S = h_e - h_w = \frac{Q}{4\pi T}\left(-0.5772 - \ln \mu + \mu - \frac{\mu^2}{2 \times 2!} + \frac{\mu^3}{3 \times 3!} - \frac{\mu^4}{4 \times 4!} + \cdots \right) \qquad [178]$$

وقد حاول كل من تايس (Theis) وجاكوب (Jacob) وشو (Chow) وهانتش (Hantush) كل على حدة إيجاد طريقة سهلة وعملية وسريعة لحل المعادلة ١٧٦ وأوجدوا حلولا لها ، كل منها يعرف باسم كل منهم (أنظر تود (Todd) من صفحة ٩٠ – ٩٦) كما وجد الدكتور ك. ف. سعد والدكتور ا. شكرى والدكتور ع بليغ حلا يعرف بطريقة الميل المزدوج (Double slope method) والتى تعتبر من أكثر الطرق دقة وتطبيقا لمختلف ظـــروف الحقل . وتنحصر الطريقة فى :

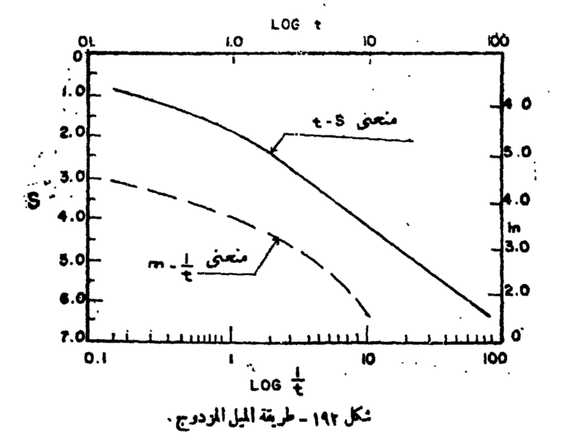
طريقة الميل المزدوج (Double slope method) :

يجرى عمل الآتى :

١) يرسم المنحنى بين (S) ، (log t) كما هو موضح بشكل ١٩٢ ثم يختار عدة نقط على المنحنى حيث يقاس الميل (m) المماس عند كل منها :

$$m = \frac{L}{cycle} \qquad [179]$$

حيث (L) هى المسافة الرأسية المقابلة لدورة كاملة من المقياس اللوغاريتمى ،



شكل ١٩٢ — طريقة الميل المزدوج .

٢ ـ يرسم المنحنى بين (m) ، ($\log \frac{1}{t}$) ثم تختار عدة نقط على المنحنى ويوجد الميل (m′) للمماس عند كل نقطة ،

٣ - تحسب (μ) من المعادلة (١٨٠) الآتية :

$$\mu = \frac{1}{(2\cdot30)^2} \frac{m'}{m} = 0\cdot865 \frac{m'}{m} \qquad [180]$$

٤ - تحسب (T) لكل نقطة من المعادلة الآتية :

$$m = 2.3 \frac{Q}{4\pi T} e^{-\mu} \qquad [181]$$

٥ - تحسب $(\overline{S})$ لكل نقطة من المعادلة الآتية المستنتجة من المعادلة (١٧٧) :

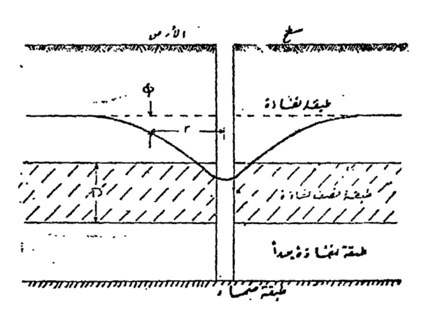
$$\overline{s} = \frac{4 T t \mu}{r^2} \qquad [182]$$

٦ - يحسب متوسط قيمة (T) لجميع النقط المختارة والمفروض أن تكون متساوية وكذلك متوسط قيمة $(\overline{S})$ و

٧ - بمعرفة قيمة كل من $(\overline{S})$ ، (T) لخزان الماء الارضى وكذلك قيمة (μ) من المعادلة (١٧٧) عند أزمنة مختلفة منذ بداية تشغيل طلمبة البئر يمكن إيجاد التصرف (Q) للبئر من المعادلة (١٧٨) حسب الدقة المطلوبة .

ثالثا - حالة خزان نصف محدود (Semi - confined aquifer) :

يسمى الخزان نصف محدود إذا وجدت طبقة غير مسامية يعلوها طبقة مسامية جدا (رمال أو زلط أو كلاهما معا) ثم يعلو الأخيرة طبقة نصف نفاذة يعلوها طبقة أخرى مسامية جدا يوجد بها السطح الحر للمياه الجوفية كما هو مبين بشكل ١٩٣ . والعلاقة بين تصرف البئر (Q) وعمق المياه الأرضية حسب ديجلى (Deglee) هى :



شكل ١٩٣ : خزان مياه أرضى نصف محدود .

$$\phi = \frac{Q}{2\pi T} \; K_0 \; \frac{r}{\sqrt{T D' / K'}} \qquad [183]$$

حيث :

ϕ : مقدار الهبوط فى مستوى الماء الأرضى عند مسافة « r » من البئر ،

D' : سمك الطبقة النصف نفاذة ،

K' : معامل التوصيل الهيدروليكى للطبقة النصف نفاذة ،

K_0 : دالة بسل المعدلة ذات ترتيب صفر (Modified Bessel function of zero order) ، وهى مجدولة فى جداول لهذا الغرض .

ويعتبر خزان دلتا النيل الجوفى نصف محدود فى مواقع كثيرة حيث تتراوح قيمة (K) مابين ٢٠٠ ، ٢٠٠٠ متر فى اليوم وذلك لأعماق ٢٠٠ متر . وتقع

الطبقة الأكثر نفاذية على عمق يتراوح بين ٥٥ ، ١٠٠ متر تحت سطح الأرض وهذه هى الطبقة التى يجب اختراقها لضمان الحصول على أنسب حالة الرفع .

المسافة بين الآبار :

تتوقف المسافة بين الآبار على عدة عوامل منها :

(١) عمق البئر إذ أنه كلما زاد عمق البئر داخل خزان المياه الأرضية كلما زاد قطر دائرة التأثير ($2\ r_e$) ،

(٢) خواص التربة الناقلة للمياه ،

(٣) قطر البئر الذى بزيادته تزيد دائرة التأثير ،

(٤) الوقت اللازم لنزح مياه الصرف أى زمن إدارة الطلمبات، والذى يتحدد على أساس قياس تذبذب منسوب الماء الأرضى فى فصول السنة المختلفة ونوع المحاصيل المزروعة والعمق اللازم لامتداد جذورها و

(٥) دراسة اقتصاديات المشروع مع إمكانية استعمال آبار عميقة وقوية وعلى أبعاد كبيرة أو استعمال آبار صغيرة وكثيرة العدد وعلى أبعاد متقاربة حيث تتداخل مخروطات هبوط المياه ويقل مدى تذبذب المياه الأرضية .

حركة المياه الأرضية (Motion of underground water):

تتحرك المياه الأرضية فى المسافات الشعرية للتربة والصخور بمعدل بطىء جداً قد يصل إلى حوالى ١٫٥ كيلو متر فى السنة متوقفة على الضاغط (Pressure head) وعلى صفات التربة . وكما سبق أن أشرنا فقد أثبت دارسى ومار أن سريان السوائل خلال المسافات الشعرية يتناسب طردياً مع الضاغط كما هو واضح من المعادلات :

ا ـ معادلة دارسى :

وقد سبق الحديث عنها و نوردها الآن للتذكرة :

$$v = K \cdot \frac{h}{L} \qquad \ldots [184]$$

حيث :

V : السرعة ،

h : الفرق فى الضاغط ،

L : طول عمود التربة المارة به المياه و

K : معامل التوصيل الهيدروليكى .

ب ـ معادلة هازن (Hazen Formula) :

$$v = C\, d^2\, \frac{h}{L}\, (0.70 + 0.03\, t) \qquad [185]$$

حيث :

v : سرعة المياه بالمتر فى اليوم خلال قطاع التربة ،

c : ثابت يساوى من ٤٠٠ إلى ١٠٠٠ وغالبا يساوى ١٠٠٠ ؛

d : الحجم أو القطر الفعال (Effective size) لحبيبات التربة بالملليمتر وهو القطر الذى يقع تحته ١٠ ٪ من التربة ويكبره ٩٠ ٪ من التربة (The size that 10% of the material is of smaller size and 90% of larger grains)

h : الضاغط ،

L : طول عمود التربة و

t : درجة الحرارة المئوية للمياه .

وقد استعمل هازن معامل الانتظام (Uniformity coefficient) - وهو نسبة قطر الحبيبات الذى يكبر ٦٠ ٪ من حبيبات التربة إلى القطر الفعال (The ratio of the size of grains which has 60 % of the sample finer than itself, to the effective size) — لتطبيق معادلته على الرمال التى لها معامل انتظام أقل من ٥ وقطر فعال مابين ١,٠ ، ٣,٠ ملليمتر .

هـ - معادلة زكتر (Slichter's Formula) :

وتستعمل لسريان المياه فى التربة الرملية :

$$Q = 0{\cdot}2012\ h\ d^2\ a\ /\ u\ L\ K \qquad [186]$$

حيث :

Q : التصرف م٣ / دقيقة ،

u : معامل يعتمد على درجة الحرارة ،

L : طول عمود التربة بالقدم ،

K : معامل يعتمد على مسامية التربة ،

h : الضاغط ،

d : القطر المتوسط لحبيبات التربة بالملليمتر والذى عنده لو كانت كل الحبيبات لها نفس القطر فإن قدرة التربة على نقل المياه تعادل قدرتها الفعلية أو الحقيقية و

a : مساحة مقطع عمود التربة بالقدم المسطح .

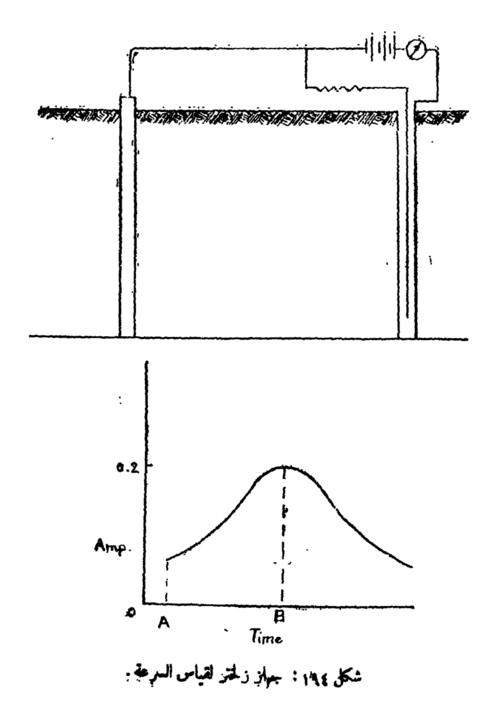
جهاز زلختر لقياس السرعة:

يمكن قياس السرعة الحقيقية للميـــاه الأرضية بواسطة إلكتروليت (Electrólyete) -مادة منكلوريدالأمونيوم أوالصوداالكاوية-في بئر، ثم تسجيل حركة المياه بواسطة أميتر (Ammeter) متصل بدائرة كهربائية بين قواسين (Casings) البئر الأول السابق، وبين بئـر ثان على مسافة معينة منه وفى اتجاه سريان الميـاه الأرضية، حيث يوضع به قطب كهربائى (Electrode) معزول عن قواسين البئر. وكلما زاد سريان الإلكتروليت زادت قراءة الأميتر حتى يصل الإلكتروليت إلى البئر الثانى، فنجد زيادة مفاجئة فى قراءة الأميتر كما هو موضح بالشكل ١٩٤ ، والزمن مابين النقطتين (A) التى تمثـــل وقت إلقاء الإلكتروليث بالبئر الأول والنقطة (B) عند حدوث الزيادة المفاجئة لقراءة الأميتر والمبينة على المنحنى والتى تمثل زمن وصول الإلكتروليت إلى البئر الثانية بين الوقت اللازم لحركة الميـــاه الأرضية مابين البئرين . وبقسمة المسافة بين البئرين على الزمن الذى استغرقه وصول الإلكتروليت مابين البئرين يحدد سرعة المياه الأرضية .

وبعد تحديد السرعة [١] وتحديد المسافات البينية لحبيبات التربة يمكن إيجاد التصرف فى وحدة مساحة القطاع المسامى وبالتـــالى يمكن إيجاد التصرف

---

(١) تبلغ سرعة المـاء الأرضى فى وادى النيل والدلتا بين جزء من المليمتر إلى متر واحد فى اليوم، على اعتبار أن انحدار المياه الأرضية هو حوالى انحـــدار سطح الأرض أى ١٠٥٠٠٠/١ . على أن بعض الطرق المباشرة التى استعملت لقياس السرعة قد أعطت مقادير تتراوح بين ٤ ,٨٠٠, ٠ متر فى اليوم .



شكل ١٩٤ : جهاز زلختر لقياس السرعة .

الكلى [١] ، كما يمكن تحديد معامل التوصيل الهيدروليكى من معادلة دارسى بمعرفة السرعة السابق تحديدها ، أو بواسطة آبار الملاحظة السابق شرحها فى الباب الثانى .

طريقة ثايم (Theim) لقياس معامل التوصيل الهيدروليكى :

يغرس عدة آبار ملاحظة من ١٠ – ٥٠ بئر (مواسير مخرمة ذات قطر $1\frac{1}{4}$ بوصة تقريبا) حول بئر تعمل عليه طلمبة قطرها من ١٢ إلى ٢٤ بوصة حيث يجرى تشغيلها حتى يتساوى تصرفها مع معدل دخول المياه إلى البئر مما ينتج عنه ثبات مخروط المياه المقلوب والذى يجرى تسجيل قراءته بواسطة آبار الملاحظة ثم تطبق معادلة ثايم :

$$K = \frac{q \log (r_1/r)}{20 \cdot 4 \ m \ (S - S_1)} \qquad [187]$$

حيث :

K : معامل التوصيل الهيدروليكى بالقـــدم / دقيقة عند درجة حرارة ٥٤° ف ،

---

(١) لو اعتبرنا طول وادى النيل فى ج.ع.م ٨٤٠ كم ومتوسط العرض ١١ كم وأن متوسط سمك الطبقات الحاملة المياه هو ٥٠ م وأن مسامية الطبقات هى ٣٥.٪ لكانت كمية المياه الأرضية فى وادى النيل بـ ج.ع.م هى ١٦١,٧٠٠ مليون م^3 . ولو قدرنا مساحة دلتا النيل بحوالى ٢٢,٠٠٠ كم مربع وأن متوسط سمك الطبقات الحاملة للمياه هو ٧٠ متر والمسامية ٣٥.٪ لكانت كمية المياه الأرضية فى دلتا هى ٥٣٩,٠٠٠ مليون م^3 وبهذا يكون مجموع المياه الأرضية المخزونة بوادى النيل والدلتا فى ج.ع.م حوالى ٧٠٠,٠٠٠ مليون متر مكعب .

q : معدل ضخ المياه من البئر بالجالون فى الدقيقة ،

r ، r_1 : المسافة بالقدم بين بئر الملاحظة وبئر الضخ ،

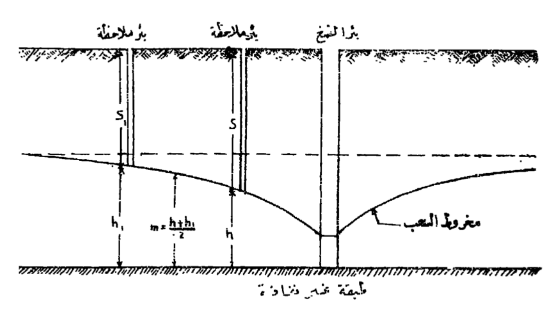
m : متوسط سمك الخزان الأرضى المشبع بالمياه :

$$m = \frac{h + h_1}{2} \qquad [188]$$

حيث :

S ، S_1 : السحب عند بئرى الملاحظة بالقدم و

h ، h_1 : ارتفاعى المياه فوق الطبقة غير النفاذة عند بئرى الملاحظة .



شكل ١٩٥ : مخروط السحب كما هو واضح من بئرى ملاحظة بجوار بئر الضخ.

مثال :

إذا كانت : q = ١٢٢٨ جالون فى الدقيقة ،

r = ١٠٠ قدم ،

r_1 = ١٥٠ قدم ،

m = ٤٥,٨٢ قدم ،

S = ٤,٧٣ قدم و

S_1 = ٤,٠١ قدم .

$$K = \frac{1328 \times \log (150/100)}{20.4 \times 45.82 \ (4.73 - 4.01)}$$

$$= \frac{1328 \times 0.176}{20.4 \times 45.82 \times 0.72} = 0.347 \ \text{ft./min.}$$

ومنه يتضح أن الطبقة الحاملة للمياه إما رمل خشن أو رمل وزلط .

ملخص لتصميم واستعمال الآبار وأجزائها :

أ ـ المصافى (Screens) :

لابد من مراعاة الشروط الآتية :

١ ـ حجز مواد التكوينات التى ينشأ فيها البئر مع السماح بتشغيله دون دخول أى رمال أو مواد ناعمة بعد الإنشاء والتنمية (Development) ،

٢ ـ السماح بدخول المياه الأرضية داخل البئر بأقل فقد ممكن فى الضاغط (Head) خلالها ،

٣ ـ قوة إنشائية كافية وقدرة على مقاومة الصدأ مع الاقتصاد اللازم وقد تتطلب القوة الإنشائية جعل مساحات الفتحات ٥٠ ٪ فقط من المساحة الكلية ،

٤ ـ تسمح الفتحات بسرعة دخول أقـــل من تلك اللازمة لتحريك أنعم الحبيبات (بعد إنشاء البئر) وعادة تكون أقل من ١٢٥,٠ ـ ٢,٠ قدم / ثانية ، والجدول يعطى السرعات اللازمة لرفع حبيبات رمل وزنها النوعى ٢,٦٥ :ـ

القطر بالمم	السرعة قدم / ثانية
حتى ٠,٢٥	٠٫١٠ - ٠٫٠٥
٠٫٥٠ - ٠٫٢٥	٠,٢٢ - ٠٫١٠
١٫٠٠ - ٠٫٥٠	٠,٣٣ - ٠,٢٥
٢,٠ - ١٫٠	٠٫٥٦ - ٠٫٣٧
٤٫٠ - ٢٫٠	٢٫٦٠ - ٠,٦٠

جدول ٤٥ : السرعات اللازمة لرفع حبيبات رمل وزنها النوعى ٢٫٦٥ .

٥ - يحدد الطول والقطر والمساحة الكلية للمصافى كى تعطى السرعة المطلوبة ،

٦ - طول المصافى يتراوح عادة مابين ٤٠ - ١٠٠ قدم وإن كان يحدده سمك الخزان المائى الجوفى و

٧ - تختار الفتحات بحيث يمر منها من ٦٠ - ٨٠ ٪ من المواد حول البئر خصوصا إذا كبر معامل التجانس (Uniformity coefficient) ، وأقل بعد لها هو ٠٫٠٢٥ بوصة إذا كانت المسامية حوالى ٢٠ ٪ كذلك لاتقل عن ½ ولا تزيد عن ⅓ حجم الحشو الزلطى الملامس إن وجـــد (Gravel pack) ، ويعتمد انسداد فتحات المصافى على شكل ونوع الفتحات المستعملة فقد يصل الانسداد إلى ١٠٠ ٪ فى حالة الفتحات المربعة أو الدائرية . لذلك فإن أفضل الفتحات هى المستطيلة حادة النهـــاية عند مخرجها والتى تتسع فجـــأة تجاه مدخلها (Sharp - edged slot at the outside with an abruptly widened opening toward the inside)

ب ـ سعة البئر أو قدرته (Capacity) :

وتعتمد على :

١ ـ كمية المياه بالطبقات الحاملة للمياه ،

٢ ـ الضاغط (الفرق فى منسوب المياه داخل البئر وبالطبقات الحاملة للمياه)و

٣ ـ فاقد احتكاك المياه أثناء حركتها .

فبالنسبة لكمية المياه التى تحملها الطبقات الحاملة للمياه فإنه من المستحيل ضخ كميات أكبر من التى تحتويها هذه الطبقات، كما أنه من المستحيل أيضا ضخ المياه الممسوكة على أسطح حبيبات التربة بقوى الالتصاق (Adhesion) .

وبالنسبة للضاغط فالملاحظ أنه بمجرد بداية تشغيل البئر يبدأ منسوب المياه فى البئر فى الانخفاض، أحيانا بسرعة وأحيانا ببطء ، وأحيانا تسحب المياه من مسافة أبعد وأحيانا أخرى من مسافات قريبة . كل ذلك يحدث من أجل بناء فرق فى الضاغط داخل البئر والضاغط فى الطبقات الحاملة للمياه بقدر كاف، لإرغام سير المياه فى مسام التربة إلى داخل البئر بالسرعة المطلوبة لسحبها . فإذا كانت حبيبات التربة ناعمة أو مكونة من خليط من مختلف الأحجام احتاج الأمر إلى ضاغط أكبر عما لو كانت حبيبات التربة خشنة ومنتظمة التدرج (Evenly graded) ولذلك يمكن القول أنه مع تساوى الظروف فإن السحب داخل البئر يكون أكبر فى حالة إنشاء البئر فى رمال ناعمة عما لو أنشىء فى رمال خشنة متجانسة (Equal uniformity)، كذلك فإن السحب يكون أكبر فى حالة خليط من الرمال الناعمة والخشنة عما لو كان البئر فى رمال ناعمة جيدة التدرج (Evenly graded fine - sand) أو فى رمال خشنة .

والغرض الرئيسى من تنمية البئر (Development processes) هو إزالة المواد الناعمة من الطبقات الحاملة للمياه إلى أبعد مسافات حول البئر حتى تنساب المياه بحرية أكثر إلى البئر لسببين الأول لأن المواد حول البئر أصبحت خشنة(Coarser)أوأكبر قطراً والثانى لحسن تدرج هذه المواد «Evenly graded».

ج ـ السحب داخل الآبار (Drawdown in wells) :

من المهم الإبقاء على منسوب المياه داخل البئر أعلى ما يمكن أثناء ضخ المياه من البئر، حتى يقل الحمل (Load) على طلمبة البئر وحتى تقل تكاليف الضخ بجانب سهولة أو يسر المياه وتوفرها بالبئر، وإمكان رفع المياه بكمية أكبر، ولذلك فإنه من المهم تقليل السحب (Draw down) ، وهو مقدار انخفاض منسوب المياه أثناء الرفع ويرجع سبب انخفاض المياه إلى صغر مقدار الضاغط عند مخرج المياه عنه فى بداية سيرها ما بين حبيبات التربة، نظراً لما تلاقيه من فاقد نتيجة احتكاكها (Rubbing) (المياه) مع بعضها ومع حبيبات التربة وجدران وفتحات البئر، لذلك فإن هذا الفارق فى الضاغط والذى يقاس بمقدار السحب(Draw down) أو الانخفاض فى الطبقات هو الذى يعمل ويسبب حركة المياه خلال الممرات المعقدة بين حبيبات التربة إلى البئر .

وعلى اعتبار أن حركة المياه تتبع قانون دراسى أى أن سرعة المياه تتناسب طرديا مع الميل الهيدروليكى (الفاقد لكل وحدة مسافة عبرتها المياه) ، كما أن السرعة تتناسب طرديا مع معامل التوصيل الهيدروليكى ، كذلك فإن أى زيادة فى نفاذية التربة أو فى معامل التوصيل الهيدروليكى تسبب نقصا فى الميل الهيدروليكى، وبالتالى تسبب نقص مقدار السحب، وبذلك تنحصر المشكلة فى إيجاد وسيلة لتحسين نفاذية التربة حول البئر وذلك كالآتى :

أولا - عن طريق :

١) إزالة بعض المواد الناعمة حتى يصبح الرمل أكثر خشونة وبالتـالى أكثر نفاذية وهذه العملية تسمى (Natural gravel packing) ، وتتم بعمل تنمية للبئر (Development) ذلك لأن الرمال الناعمة تقلل من النفاذية إذا اختلطت مع الرمال الجرشة . وعملية الـ (Natural gravel packing) تحتوى على العمليات الآتية : (Surging, pumping, development) حتى يتم سحب جميع المواد الناعمة حول المصافى ولا يتبقى إلا المـواد الخشنة فقط التى تعمل كدعامة للبئر حولها والذى يحتوى بعض المواد الناعمة التى تزيد كلما ابتعدنا عن البئر و

٢) استبدال بعض التكوينات بطبقات خشنة من الرمل والزلط وتسمى هذه العملية (Artificial gravel packing) ويلاحظ أن تجانس التدرج (Uniformity of grading) أهم بكثير من نعومة أو خشونة المواد الملاصقة والتى حول البئر .

ثانيا - عن طريق المصافى إذ أن مقدار السحب داخل البئر يحتوى على الفاقد داخل البئر، نتيجة عبور المياه خلال فتحات المصافى، علاوة على الفاقد خلال الممرات المعقدة التى تسلكها المياه فى الطبقات الحاملة للمياه، وأى نقص للفاقد خلال المصافى سينعكس حتما فى نقص مقدار السحب ، ولما كان هذا الفاقد هو دالة للسرعة خلال فتحات المصافى فإن زيادة مساحة هذه الفتحات تقلل السرعة خلالها وتقلل بالتالى مقدار الفقد، ويتم ذلك بإطالة المصافى وتوسيع فتحاتها وكبر نسبة المساحة المفتوحة منها بالنسبة لمساحتها الكلية .

ويمكن تلخيص طرق الإنشاء فى الآتى :

١ - إذا كانت الرمال حول البئر ناعمة ذات نفاذية معقولة وتجانس جيد تستعمل مصافى ذات فتحات صغيرة دون اللجوء إلى أى حشو (Packing) ،

٢ ـ إذا كانت الرمال ناعمة جداً يحسن عمل حشو (Packing) بالزلط صناعياً ،

٣ ـ إذا كانت المواد حول البئر مكونة من الرمال الناعمة والخشنة والزلط يحسن عمل (Naturally developped pack) مع استعمال فتحات المصافى مناسبة حسب التحاليل الدقيقة للمواد حول البئر حتى يمكن إزالة المواد الناعمة دون أى ضرر .

هـ – العلاقة بين الحجم الفعال (١٠٪ يمر بالوزن) ومعامل الانتظام او التجانس ($\frac{٦٠٪}{٨٪}$) والحشو الزلطى (Gravel Pack) أو الفلتر:

١ ـ التكوينات ذات القطر الفعال أكبر من ٢٥٤ر٠ مم ومعامل تجانس أكبر من ٢ر٠ لا تحتاج إلى (Gravel Pack) حشو زلطى ،

٢ ـ التكوينات ذات القطر الفعال أقل من ٣ر٠ تحتاج إلى حشو زلطى (Gravel Pack) له قطر فعال مابين ٤-٥ مرات قطر ٨٠ ٪ من التكوينات ،

٣ ـ إذا استعمل الحشو الزلطى (Gravel Pack) تحت الحدود المذكورة عاليه فلا ضرر من ذلك ، أما إذا استعمل فى حالة معامل التجانس أعلى من ٥-١٠ فلا قيمة له ،

٤ ـ إذا كان معامل التجانس للتكوينات حول البئر مابين ٣-٥ فإن القطر الفعال للحشو الزلطى يختار من ٤-٥ مرات قطر ٩٠ ٪ من التكوينات ،

٥ ـ إذا استعملت عدة طبقات من الحشو الزلطى فإن القطر الفعال للطبقة الخارجية يؤخذ ٤-٥ مرات القطر الفعال للطبقة الداخلية ،

٦ ـ أقل سمك للحشو الزلطى ٣" وأكبر سمك له ١٢" ،

٧ ـ تدرج الحشو الزلطى يؤخذ عادة كالآتى :

منخل رقم	١	٣	٤	٨	١٦	٢٠
كمية المار بالوزن	١٠٠ ٪	٩٠–١٠٠ ٪	٦٥–٨٠ ٪	١٠–٢٠ ٪	٥–١٠ر٠ ٪	صفر ٪

أما الفلتر فتختار مواده على أساس أن ١٥ ٪ من المنطقة الخشنة ذات قطر أقل من ٥ مرات قطر الـ ٨٥ ٪ من المنطقة الناعمة .

(The 15% size in the coarser zone shall be not more than 5 times the 85% size in the finer zone)

وذلك لمنع حركة الحبيبات من المنطقة الناعمة إلى المنطقة الخشنة تحت تأثير سريان أو رشح المياه .

هـ) حجم او قطر البئر :

لاختيار حجم أو قطر البئر يؤخذ فى الاعتبار الآتى :

١ - أقصى تصرف يحتاج إليه خلال فترة ٢٠ عام أو ٥٠ عام ،

٢ - أوطى مناسيب ستصل إليها المياه بالرفع (أقصى ضاغط) ،

٣ - أعلى كفاءة تشغيل ممكنة (Pumping efficiency) ،

٤ - طبيعة ومدى الطبقات الحاملة للمياه وسعتها التخزينية والعلاقات الاقتصادية بين القطر ، فواقد الضغط (Head losses) فى البئر أثناء التشغيل، الفواقد فى المصافى وفى الطبقات الحاملة للمياه ،

٥ - تقدير عمر البئر مع العمر الاقتصادى للقواسين (Casing) وللمصافى (Screening) ،فإن كان العمر ممكن إطالته بوضع قواسين جديدداخل الأول السابق وصفه يؤخذ القطر التالى فى الكبر للقطر المطلوب ،

٦ ـ قطر القواسين لابد أن يكون على الأقل أكبر بمقدار ٢ بوصة عن الطلبة (Pump bowls) التي ستستعمل و

٧ ـ لاتستعمل أقطار أقل من ٤ بوصة، وأكثر اقتصادا هو وضع بئرين متوسطى الحجم أفضل من واحدة أكبر حجما إذ أن مضاعفة قطر البئر لا تزيد كمية المياه بأكثر من ١١ ٪ إلى ٢٠ ٪ . وعادة يحدد قطر الطلبة المناسب لرفع الحجم الأقصى المطلوب من المياه لأقصى حالات الرفع، ثم يؤخذ القطر الأكبر التالى لحجم البئر .

(و) وتؤخذ الاعتبارات الآتية حين تصميم الطلمبة وكفاءتها :

١ ـ قطر البئر ،

٢ ـ عمق البئر ،

٣ ـ عمق المياه داخل البئر ،

٤ ـ السحب المتوقع ،

٥ ـ الفصول أو المواسم التي تتغير فيها مناسيب المياه الأرضية ،

٦ ـ فترة استمرار الرفع ومقداره ،

٧ ـ مصروفات الإنشاء والتشغيل والصيانة ،

٨ ـ القوة المطلوبة لإدارة الطلبة و

٩ ـ نوعية المياه الأرضية .

ز ـ تنمية البئر (Well development) :

الغرض منها :ـ

١ ـ زيادة السعة أو المقدرة النوعية (Specific capacity) ،

٢ - منع تراكم الرمال داخل البئر (Sanding) و

٣ - الحصول على أقصى عمر اقتصادى للبئر .

طرق تنمية البئر :

١ - الضخ أو الرفع (Pumping) لتحريك المواد الناعمة حول البئر ،

٢ - (Surging) وذلك بتحريك كباس (Plunger) بسرعة عالية إلى أعلى وأسفل فوق المصافى داخل البئر للتغلب على تقنطر (Bridging) الرمال وإحضار المواد الناعمة إلى البئر و

٣ - (Back washing) وذلك بالطرق الآتية :

أ : كربجة البئر (Rawhiding a well) بتشغيل الطلمبة وإيقافها عدة مرات لإحداث تغيرات واضحة فى الضغط داخل البئر، أما بتشغيل الطلمبة حتى أقصى سحب للبئر ثم إيقاف الطلمبة حتى عودة الميـــاه إلى المنسوب الاستاتيكى للمياه مع تكرار ذلك عدد مرات ، وإما بتشغيل الطلمبـــة للوصول إلى أقصى سحب ثم إيقاف الطلمبة وتشغيلها على فترات قصيرة ، وأما بتشغيل الطلمبة حتى ينطلق التصرف منها على السطح ثم إيقاف الطلمبة كى تعطى فرصة كافية لنزول المياه بماسورة البئر ثم تكرر العملية ،

ب : (Back - washing with bailer) وذلك بصب المياه فى البئر وبكل سرعة ممكنة ثم سحبها بطلمبة خاصة تسمى (Sand pump) أو (Bailer) و

ج : (Back - washing under pressure) وهى أقوى وسيلة وتعمل بواسطة رفع المياه بمعدل أكبر مما ترفع به المياه عادة من البئر .

٤ ـ حقن هواء مضغوط (Injection of compressed air) عما يقلل المواد الناعمة حول مصاقل البئر ،

٥ ـ إضافة ثاني أكسيد الكربون (Addition of solid carbon dioxide CO_2) الصلب والمسمى بالثلج الجاف (Dry ice) و

٦ ـ إشعال المفرقعات (Detonation of explosives) :

أسئلة على الباب الخامس

١ - لأى الأراضى أولية استخدام مياه الصرف ؟

٢ - ماهى الأغراض التى يحققها الصرف الرأسى ؟

٣ - أذكر الشروط الواجب توفرها لاستخدام الصرف الرأسى .

٤ - ما هى العوامل التى تؤثر على اقتصاديات الصرف الرأسى ؟

٥ - قارن بين المصارف المغطاة والآبار من حيث المزايا والعيوب والتكاليف .

٦ - ما هى أنواع الآبار الرأسية المختلفة ؟

٧ - ارسم موضحا الفرق بين الآبار غير العميقة فى حالة الحفر العميق وحالة الحفر غير العميق مبينا تفاصيل كل حالة .

٨ - متى تستعمل الآبار العميقة والآبار التحتية ؟

٩ - أذكر ماتعرفه عن الآبار المقلوبة أو آبار الشحن .

١٠ - متى تنشأ الآبار المعروفة بآبار التخفيف أو التفريج ؟

١١ - ما هى الآبار الباكية ؟

١٢ - ماذا يلزم لدراسة احتياجات آبار الصرف ؟

١٣ - قسم الخزانات الأرضية :

ا - من حيث طريقة استغلالها و ب - من حيث جيولوجيتها .

١٤ - ماهى إمكانيات الخزانات الجوفية لإمداد المياه بأمان وبصفة مستمرة؟

١٥ - استنبط المعادلات بين منسوب الماء الأرضى وتصرف البئر فى حالة خزان أرضى محدود موضحا ما تذكره برسم كروكى مفصل .

١٦ - كيف يمكن تحديد معامل التوصيل الهيدروليكى من المعادلات السابقة بإجابة سؤال ١٥ ؟

١٧ - اشرح حدود معادلة تود فى حالة اختراق البئر جزئيا الخزان الجوفى.

١٨ - استنتج المعادلات فى حالة خزان أرضى مفتوح التى توضح العلاقة بين تصرف البئر ومنسوب المياه الأرضية داخل البئر وخارجه .

١٩ - ماذا تحتوى فواقد البئر عادة ؟

٢٠ - كيف تصحح (k) معامل التوصيل الهيدروليكى بطريقة فورشها يمر ؟

٢١ - كيف تصحح (K) معامل التوصيل الهيدروليكى بطريقة موسكات ؟

٢٢ - كيف تصحح (K) معامل التوصيل الهيدروليكى بطريقة تود ؟

٢٣ - كيف تصحح (K) لخزان مفتوح بطريقة بابوشكين ؟

٢٤ - ماهو قانون عدم التعادل لتايس فى حالة عدم انتظام انسياب المياه ؟

٢٥ - ما هى طريقة الميل المزدوج لحل قانون عدم التعادل ؟

٢٦ - ما هى المعادلة التى توضح العلاقة بين تصرف البئر ومستوى المياه داخل وخارج البئر فى حالة الخزان نصف المحدود ؟

٢٧ - ما هى العوامل التى تعتمد عليها المسافة بين الآبار ؟

٢٨ - اشرح معادلات دراسى وهازن وزلختر لحركة المياه الأرضية .

٢٩ - كيف تقاس سرعة المياه الأرضية باستعمال جهاز زلختر ؟

٣٠ – اشرح طريقة ثابت لقياس معامل التوصيل الهيدروليكى .

٣١ – ماذا يراعى عند اختيار مصافى الآبار من شروط ؟

٣٢ – (تعتمد سعة البئر أو قدرته على عدة عوامل .) ناقش هذه العبارة بإسهـــاب .

٣٣ – ما هى الوسائل التى يمكن بها تحسين نفاذية التربة حول البئر ؟

٣٤ – لماذا يجب المحافظة على منسوب المياه داخل البئر أعلى ما يمكن ؟

٣٥ – وضح الاعتبارات الهامة التى يجب مراعاتها عند اختيار قطر أو حجم البئر ، وحين تصميم طلمبة البئر وكفاءتها .

٣٦ – ما الغرض من تنمية البئر وما هى الطرق والوسائل لتنفيذ ذلك ؟

المراجع

References

1. Amer, F. and Elgabaly, M.M. 1962.
   Tile spacing in the Nile Delta. Alex Jr. Agr. Res. 10 : 97 - 111.

2. Dalrymple, Tote. 1960.
   Flood — frequency analysis. U.S. Geological Survey. Water Supply, paper 1543 — A. Washington D C.

3. Elgabaly, M.M. 1960.
   تقرير عن تحسين الأراضي والري والصرف الزراعي بالإقليم المصري .
   قدم إلى المجلس الأعلى للعلوم بالجمهورية العربية المتحدة .

4. Elhanafy, S.E. 1958.
   Hydraulics of the drains. M.Sc. Thesis, Fac. of Eng. Alex. Univ. U.A.R.

5. Elsamny, E.A. 1952.
   Lectures of irrigation and drainage for students of Civil Eng. Dept., Fac. of Eng. Cairo Univ. U.A.R.

6. Frevert, K.K. and others 1955.
   Sail and water consservation eng. John Wiley and Sons., inc. New York.

7. Hammad, Y.H. 1962.
Depth and spacing of the drains system. Jl. of the Irrig and Drainage Div. Proc. of the Am. Soc. of Cvil Eng. Vol. 90. No. IR. 3 : 1 — 15.

8 Hashem, A., Saied, N.F. and Abuzeid, M.A. 1967.
الصرف فى الأراضى الزراعية . وزارة الرى ج ع م

9. Harr, M.E. 1962.
Groundwater and seepage. Mc Graw Hill Book Co.

10. Houston, C.E. 1961.
Drainage of irrigated land California Agric. Expt. Sta. Ext. Serv. Circ. 504. Davis, Calif U.S.A.

11. Kirkham, Don. 1961.
Agricultnral drainage. Unpublished typewritten Lectures Notes given in Alex. Instit of Land Reclam. U.A.R.

12. Luthin, J.N. 1957.
Drainage of sgricultural lands. Am. Soc. of Agronomy, Madison Wisconsin. U S.A.

13. Marshall, T.J. 1963.
Relations between water and soil. Technical Communication, No. 50 Common wealth, Bureau of Soils. Herpenden.

14. Poluborinova — Kochina, P Y. 1962.
Theory of groundwater movement, Princeton Univ. Press. Princeton, New Jersy. U.S.A.

15. Potter, W.D. 1961.

Peak rates of runoff from small watersheds. U.S. Burean of Public Roads, Hydraulic Design Series No. 2, U. S. Govemenent Printing Office, Washington D. C.

16. Reeve, R. C. 1957.

The relation of salinity to irrigation and drainage requirements. Third Congress, International Comm. on Irrigation and Drainage Vol. V.

17. Richards, L A. 1950.

The outflow law. Trans, Am. Geophys. Un. 31 : 750 — 756.

18. Roe, H.B.; Neal, J. H. 1938.

Farm drainage Practice Extension Bulletin. No. 149. Univ. Farm, St. Poul, Minnesota, U.S.A.

19. Saad, F.K., Shukry, A. and Baligh, A. 1965.

Double — Slope method for pumping test analysis. Jl. of the Irrig and Drainage Divis. Proc. of the Am. Soc of Civil Eng. Vol. 91 No. IR 2.

20. Schilfgaarde V.J. 1963.

Design. of tile drainage for falling water table. Jl. of the Irrig. and Drainage Div Proc. of the Am. Soc. of Civil Eng. Vol. 90 No. Ir. 2.

21. Searcy, J.K. 1965.

Design of roadside drainage channels. Hydr. Design Series No. 4. U. S. Governement Printing Office, Washington D. C.

22. Seelye, Elwyn E. 1959.

Design; Data book for Civil Eng. Vol. 1. Third Edition, John Wiley and Sons Inc. New York.

23. Shukry, A. 1961.

Lectures of Agricultural Drainage for students of College of Agriculture, Alex. Univ. U.A.R.

24. Siljne — Bekchourine. 1961.

Hydrology of Irrigated Lands. Foreign Languages Publishing House, Moscow. U.S.S.R

25. Todd, D.K. 1963,

Groundwater Hydrology. Third printing. John Wiley and Sons. Inc. New York.

26. U.A.R. Ministry of Irrigation Staff. 1968, 1969.

Report about the project of drainage of 1.4 million feddans in the Nile Delta. Vol. 1 & 4.

تقرير عن مشروع صرف ١٫٤ مليون فدان بمنطقة الدلتا جزء ١ وجزء ٤

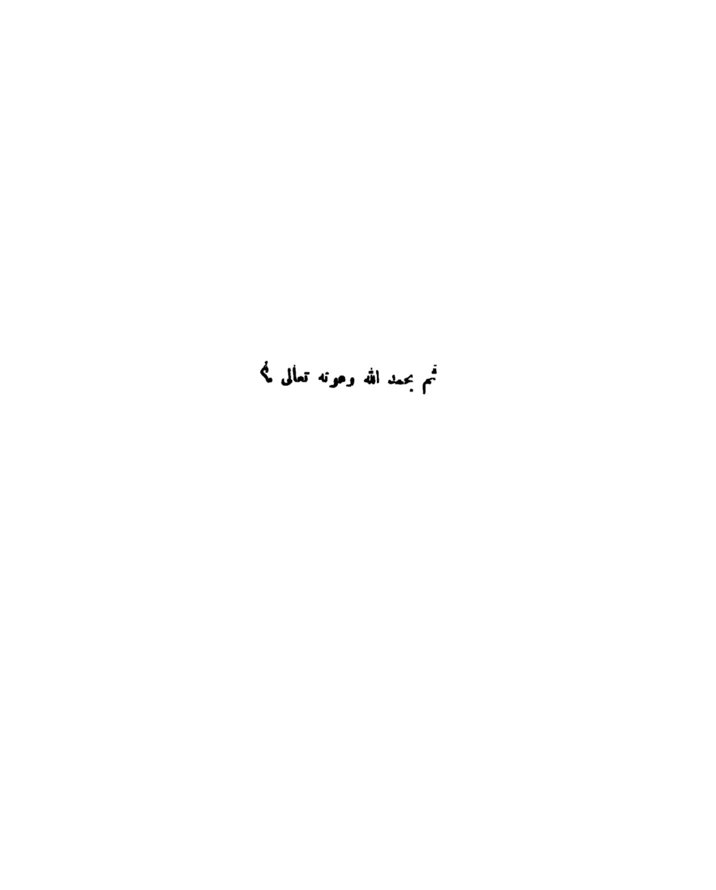
27. U.S. Dept. of Agric. Staff. 1957.

Soil. The year book of Agric. U. S. Govern. Printing Office, Washington D. C.

28. U. S. Dept. of Commerce, Bureau of Public Roads Staff. 1965.
Design Charts for open — channels flow. U S. Govern. Printing Office, Washington D. C.

29. Visser, W.C. 1954.
Tile drainage in the Netherlands. Netherlands Jl. of Agric. Sci. Vol 2.

30. Zagloul, M.G.E. 1958.
Flow distribution through the groundwater aquifer of the Nile Delta. M. Sc. Thesis, Fac. of, Fng., Alex. Univ. U. A. R.



تم بحمد الله وعونه تعالى